This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

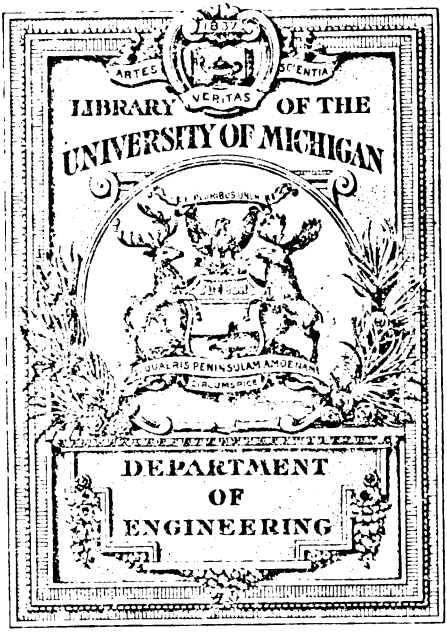
+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`


ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING

TA
2
S68

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

ANNÉE 1891

La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le ***Bulletin***.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET DU 22 DÉCEMBRE 1860

ANNÉE 1891

DEUXIÈME VOLUME

PARIS

SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ

10, CITÉ ROUGEMONT, 10

—

1891

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

JUILLET 1891

N° 1

Sommaire des séances du mois de juillet 1891 :

1° *Décès* de M. J. Meyer (Séance du 3 juillet), page 5;

2° *Lettres* de MM. H. Béliard, J. Garnier, Vlasto, Jordan, Lefer, J. Fleury (Séances des 3, 17 et 24 juillet), pages 5. 25 et 43;

3° *Exposition et Congrès de Chicago.* Lettre de M. Corthell (Séances des 3 et 24 juillet), pages 6, 26 et 44;

4° *La paix des ateliers.* Analyse du mémoire de M. A. Gibon *(sur)*, par M. H. Rémaury (Séance du 3 juillet), page 7;

5° *Outillage des voies de communication, ports, canaux, rivières, chemins de fer, etc.*, par M. J. de Coëne, et *Lettre* de M. J. Gaudry (Séances des 3 et 24 juillet), pages 9 et 43;

6° *Coefficients de résistance des fers et aciers*, par M. V. Contamin et *Observations* de MM. Charton, A. Moreau et Badois (Séance du 3 juillet), page 15;

7° *Notice nécrologique* sur M. J. Meyer, par M. E. Polonceau (Séance du 17 juillet), page 21;

8° *Décorations et Nominations* (Séances des 17 et 24 juillet), pages 25 et 43;

9° *Conditions économiques actuellement réalisables dans les machines à vapeur*, par M. C. Jouffray, et *Observations* de MM. D.-A. Casalonga, A.-C. Salguès et C. Jouffray (Séances des 17 et 24 juillet), pages 26. 30. 31 et 42;

163384

10° *Le maximum théorique du rendement direct des machines à vapeur*, par MM. G. Richard, D.-A. Casalonga et de Laharpe (Séances des 17 et 24 juillet), pages 35, 40 et 43 ;

11° *Méthodes nouvelles de calcul de différentes poutres*, par M. F. Chaudy (Séance du 24 juillet), page 45 ;

12° *Les droits de douane au point de vue industriel*, par M. J. Hinstin, et *Observations* de MM. E. Polonceau, Edmond Coignet et J. Fleury (Séance du 24 juillet), page 47.

Pendant le mois de juillet 1891, la Société a reçu :

32280 — De M. J. Garnier (M. de la S.). *Sur un dispositif de machine compound en tandem applicable aux locomotives.* (In-8° de 7 p.). Saint-Étienne, Theolier et Cie, 1891.

32281 — De la Revue nationale. *Le Commerce et l'Industrie. Manuel de la Commission et de l'Exportation.* (Grand in-8°). 11e année, 1891. Paris, Ch. Blot, 1891.

32282 — De M. A. Picard. *Rapports du Jury international. Groupe de l'Économie sociale, 1re partie, 1er fascicule.* (Grand in-8°). Paris, Imprimerie nationale, 1891.

32283 — Du Ministerie van Waterstaat, Handel en Nüverheid. *Carte de colmatage de Sittard, n° 1.*

32284 — De M. B. Tignol. *Aide-mémoire de l'Ingénieur électricien.* (In-12 de 476 p.). Paris, B. Tignol, 1891 (3e éd.).

32285 — De M. Raffard (M. de la S.). *The last days of the Steam Engine*, by R.-H. Thurston. (In-8° de 14 p.). New-York, 1889.

32286 — *Examen critique du projet de Paris Port de mer. Projet de M. Bouquet de la Grye.* (In-8° de 30 p.). Paris, Baudry et Cie, 1891.

32287 — De M. Corthell (M. de la S.). *Proceedings of the general Committee of Engineering Societies World's Columbian Exposition 1893. Meeting at Chicago, mai 15, 1891.* (In-8° de 12 p.). Chicago, 1891.

32288 — De M. E. Candlot (M. de la S.). *Ciments et chaux hydrauliques.* (Grand in-8° de 346 p.). Paris, Baudry et Cie, 1891.

32289 et 32290 — De M. A. Hillairet (M. de la S.). *Perceuse électrique multipolaire.* 2 photographies 1/4 grand-aigle.

32291 — Du Ministère des Travaux publics. *Atlas des Ports étrangers* (6e livraison). (In-4°). Paris, Imprimerie nationale, 1890.

32292 — De M. A. Fock (M. de la S.). *Le Réseau Saharien.* Réponse à M. Bau de Rochas. (Petit in-4° de 3 p.). Paris, Imprimeries réunies, 1891.

32293 — De M. E. Gruner (M. de la S.). *Charges probables résultant des projets de loi d'assurance contre les accidents.* (Petit in-4° de 48 p.).

32294 — De l'Academy of Arts and Sciences. *Proceedings, vol. XVII.* (Gr. in-8°.). Boston, J. Wilson and Son, 1890.

32295 et 32296 — De M. Bouquet de la Grye. Trois documents sur le *Projet de Paris Port de mer.*

32297 — De M. P. Jacquemart (M. de la S.). *Rapports du Jury international, Classes 6-7-8. Enseignement technique. Rapport de M. P. Jacquemart.* (Grand in-8°). Paris, Imprimerie nationale, 1891.

32298 — De M. S. Drzewiecki. *Le vol plané. Essai d'une solution mécanique du problème.* (In-8° de 48 p.). Paris, E. Bernard et C^ie^, 1891.

32299 — De M. Croll, par M. A. Mallet (M. de la S.). *Compound marine Engines sixty years ago.* (Petit in-4° de 44 p.). London, G. Reveirs, 1890.

32300 — De l'*Institution of civil Engineers. Minutes of Proceedings.* Vol. CIV. London, 1891.

32301 — De M. J. Digeon (M. de la S.). *Appareil dynamométrique pour le fourgon d'expériences de la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest français.* (In-4° de 10 p. avec pl.). Paris, Paradis, 1891.

32302 et 32303 — Du *State Board of Health Massachusetts* : *I. Water Supply and Sewerage* (In-8° de 857 p.). — *II. Purification of Sewage and water* (In-8° de 910 p.). Boston, Wrigh and Potter, 1890.

32304 — De la Chambre syndicale de couverture et plomberie. *Rapport sur la pétition relative à l'enseignement du droit commercial à l'Ecole des Beaux-Arts* (Petit in-4° de 12 p.). Paris, E. Unsworth, 1891.

32305 — De M. H.-G. Béliard (M. de la S.). *Photographie d'une chaudière à vapeur après un coup de feu* (Petit in-4°).

32306 — Du Ministre des Travaux publics. *Statistique des chemins de fer français au 31 décembre 1887. Documents divers, 2^e^ Partie. France, Intérêt local, Algérie et Colonies.* (Petit in-4°).

32307 — Du Même. *Statistique des chemins de fer français au 31 décembre 1889. Documents principaux.* (Petit in-4°). Paris, Imprimerie Nationale, 1891.

32308 — De M. A. Picard. *Rapports du Jury international. Groupe VII, Produits alimentaires, 1^re^ partie, classes 63 à 73.* (Grand in-8°). Paris, Imprimerie Nationale, 1891.

32309 — De M. A. Guy. *La prévision du temps.* (In-8° de 120 p.). Paris, A. Challamel, 1891.

32310 — De M. E. Lemoine. *Contributions à la géométrie du triangle.* (In-8° de 26 p.). Paris, Chaix et C^ie^, 1889.

32311 — Du même. *Sur les triangles orthologiques et sur divers sujets de la géométrie du triangle.* (In-8° de 26 p.). Chaix et C^ie^, 1890.

32312 — De l'*Observatorio de Rio de Janeiro. Esbeço de uma climatologia do Brazil*, par M. Morize. (Grand in-8° de 47 p.). Rio de Janeiro, Lombaerts et C^ie^, 1891.

32313 — De M. G. Tucker, par M. Vlasto (M. de la S.). *The Electrician: electrical trades Directory handbook for 1890.* (In-8° de 704 p.). London, G. Tucker, 1890.

MÉMOIRES ET MANUSCRITS

2128 — De M. O. Buron (M. de la S.). *Transmission de force par l'électricité.*

2129 — De M. A. Gibon (M. de la S.). *La Paix des ateliers.*

2130 — De M. A. Hillairet (M. de la S.). *Transmissions électriques.*

2131 — De M. J. Revin. *Le Métropolitain.*

2132 — De M. P. Yankowsky (M. de la S.). *Note sur l'accident du pont-grue roulante du port de Novorossisk.*

2133 — De M. Dulaurier. *Observation sur la note de M. André Dubois à propos d'un moyen d'apprécier le mouvement vertical des aérostats.*

2134 — De M. M. Duplaix (M. de la S.). *Note sur le calcul des poutres droites avec poutrelles.*

Les membres nouvellement admis pendant le mois de juillet 1891 sont :

Comme membres sociétaires :

MM.	Astruc (L.),	présenté par MM. Courtier, Lencauchez, Stilmant.
	Carret (J.) —	Bougault, Mesureur, Perrault.
	Décluy (H.) —	Canet, E. Chateau, Leroux.
	Dumont (A.-L.) —	Fontaine, Josse, Liébaut.
	Falkingham (Ch.-C.) —	Contamin, Forest, Bellet.
	Goldberg (M.) —	Carimantrand, Lévi, Mallet.
	Goujon (L.-E.) —	Carimantrand, Lévi, Mallet.
	Jolibois (P.-A.) —	Courtier, Carimantrand, Mallet.
	Juin (A.) —	Chassevent, Ducomet, A. Martin.
	Lascombe (A.-Ch.-A.)	Hallopeau, Brossard, Freulon.
	Lelaurin (E.) —	Charton, Krémer, Michaux.
	De Mattos (F.) —	Angilbert, Bodin, Stremsdoerfer.
	Mennons (F.-F.-H.-L.)	E. Polonceau, Armengaud, Rémaury.
	Millet (A.-E.) —	E. Polonceau, L. Salomon, Du Bousquet.
	Rigolage (J.-E.) —	Regnard, Liébaut, Leprince-Ringuet.
	Rosenwerth (W. de) —	Bertrand de Fontviolant, Le Brun, Vallot.
	Rousselle (Ch.-P.-F.)	Carimantrand, Bernheim, Jannettaz.
	Sevoz (D.-L.) —	Rémaury, de Joannis, de Nansouty.
	Strapp (W.) —	Carimantrand, Lévi, Mallet.
	Tachard (P.-A.) —	Heilmann, Lyon, Lalance.

Comme membres associés :

MM.	Carel (J.),	présenté par MM. Carimantrand, Lévi, Mallet.
	Pinchard-Deny (L.) —	Herscher, Liébaut, Bougarel.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JUILLET 1891

Séance du 3 Juillet 1891.

PRÉSIDENCE DE M. P. JOUSSELIN, VICE-PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de M. Jean-Pierre Meyer, Ingénieur en chef de la construction des chemins de fer Jura-Simplon, membre de la Société depuis 1881. C'était un technicien d'un grand mérite et un homme d'un caractère aimable. A la prochaine séance, M. Polonceau donnera une notice sur la vie si bien remplie de ce regretté collègue.

Il est donné lecture de plusieurs lettres :

Une de M. H. Béliard, d'Anvers, indiquant qu'il a repris, d'un navire anglais, une chaudière verticale à six bouilleurs, construite en acier, qui a subi, à la suite d'un coup de feu, des déformations curieuses. Une photographie jointe à sa lettre donne une idée générale de l'appareil. Lorsqu'il aura fait démonter l'enveloppe extérieure, il prendra une photographie exacte de l'intérieur, qu'il enverra également à la Société.

Une autre de M. Jules Garnier, relative aux chemins de fer urbains établis aux États-Unis. Bien que les moyens perfectionnés des transports dans les villes nord-américaines leur donnent une supériorité marquée sur ceux de l'Europe, tant au point de vue de la rapidité qu'au point de vue de l'hygiène, il estime que ce sont là des faits séduisants que l'on ne peut malheureusement pas appliquer d'une façon rigoureuse, parce qu'il faudrait commencer par démolir les quartiers de nos villes qui présentent des rues étroites et tortueuses, et les remplacer par de larges avenues à peu près en ligne droite, ce qui occasionnerait des dépenses impossibles au moins pour le moment. Les métropolitains de Londres et de Berlin sont aujourd'hui distancés par le tramway électrique, qui représente l'avenir et le progrès. La traction funiculaire est préférable à l'électricité dans certains cas, mais elle devra aussi faire place à la traction électrique. Il estime même que la traction électrique serait préfé-

rable pour les lignes de banlieue. Il croit aussi que le système pourrait rendre des services aux grandes lignes de banlieue.

Une troisième lettre est celle de M. E. Corthell, relative à l'Exposition de Chicago et ainsi conçue :

« Cher Monsieur,

» Comme président du Comité d'exécution désigné par le Comité » général des Sociétés d'Ingénieurs civils des États-Unis et du Canada, » je viens, par votre intermédiaire, inviter votre Société à s'unir à nous » et à participer au Congrès international du Génie civil qui aura lieu » à l'occasion de l'Exposition universelle de Colomb à Chicago, en 1893.

» A ce Congrès sont invités les Ingénieurs de toutes les branches du » monde entier.

» Pendant les six mois de l'Exposition, du 1er mai au 31 octobre, » auront lieu une série de Congrès se rapportant aux divers profes- » sions et sujets intéressant le monde entier. Dans cette série, le Génie » civil a paru assez important pour pouvoir, par lui-même, faire l'objet » d'une catégorie spéciale, et il comprendra sous ce titre tout ce qui » touche à la construction des chemins de fer : canaux, tunnels, amé- » nagements des ports et rivières, travaux à la mer ou autres, égouts, » drainage, ponts et autres constructions, mécanique, mines, métal- » lurgie, génie militaire, naval et maritime.

» Nous espérons qu'il y aura sur ces divers sujets un nombre suffi- » sant de mémoires et d'Ingénieurs présents au Congrès, qui durera de » six à huit jours, pour permettre de le diviser en sections, dans les- » quelles seront présentés et discutés les mémoires. Il est entendu, en » tout cas, qu'il y aura toujours au moins une, sinon plusieurs réunions » générales.

» Les Sociétés d'Ingénieurs des États-Unis et du Canada, qui comptent » sur place un grand nombre de Sociétés locales, se sont occupées de la » question, et il a été organisé un Comité général, qui s'est récemment » réuni à Chicago et est composé des délégués de ces diverses Sociétés.

» Un Comité d'exécution a été choisi pour réaliser les décisions du » Comité général. La présente invitation est accompagnée des procès- » verbaux des réunions du Comité général. Dans cette brochure impri- » mée, vous trouverez indiqué le but général que s'est proposé le Con- » grès, ainsi que l'a rappelé M. Judge Bonney, président du Congrès » auxiliaire universel.

» Dans quelque temps, vous recevrez les règlements du Congrès. » Pour le moment, nous désirons seulement vous inviter à vous joindre » à nous, afin de savoir quelles seront les Sociétés qui prendront part » au Congrès.

» Comme complément du Congrès, nous nous proposons d'installer à » l'Exposition un lieu de réunion pour les Ingénieurs, avec des salles » suffisantes où seront réunis les documents de toute nature permettant » de donner des renseignements détaillés sur l'Exposition et les objets » exposés. Il s'y trouvera aussi d'une façon permanente deux ou trois » secrétaires parlant différentes langues et qui pourront assister utile- » ment dans leur visite les Ingénieurs, en les guidant sur les points » qu'ils voudraient plus spécialement examiner.

» En plus de ces salles de réunion, nous espérons pouvoir disposer » d'un espace suffisant pour exposer des plans, photographies et modèles » des travaux les plus importants dus aux Ingénieurs.

» Nous désirons aussi arranger, dans la partie la plus centrale de la » ville, un local qui servira de lieu de réception pour les Ingénieurs qui » viendraient nous visiter. Ils pourraient y faire leur courrier, y trouver » ceux qu'ils désirent voir et s'y faire adresser leur correspondance.

» J'ajouterai que les frais des Congrès du Génie civil, ainsi que ceux » des diverses installations et lieux de réunion ci-dessus indiqués, seront » supportés par les Sociétés d'Ingénieurs des États-Unis et du Canada.

» Veuillez, etc. » *Signé :* E. CORTHELL. »

M. LE PRÉSIDENT fait appel à nos collègues pour qu'ils envoient à ce Congrès, par l'intermédiaire de notre Société, leurs travaux et mémoires les plus importants sur les questions touchant au Génie civil.

M. RÉMAURY a la parole pour donner une analyse du travail qui a été présenté au Congrès des Sociétés savantes par M. Gibon, au nom de la délégation de la Société.

La délégation de la Société des Ingénieurs civils au Congrès des Sociétés savantes, dit-il, se composait de six membres qui ont choisi pour président M. Paul Buquet et pour rapporteur M. Gibon.

En l'absence de M. Gibon, j'ai été chargé de déposer sur le bureau son important travail; permettez-moi, messieurs, de vous le résumer en quelques mots.

La question en vaut la peine : il s'agit de *la paix des ateliers*, de l'étude des institutions qui sont de nature à faciliter l'arbitrage et la conciliation entre patrons et ouvriers.

Cette étude s'impose de plus en plus aux Ingénieurs, qui sont souvent les véritables arbitres, aptes à trancher les difficultés possibles entre le capital et le travail.

Aucun d'eux n'était mieux désigné que notre savant collègue, M. Gibon, ancien directeur des usines de Commentry, vice-président du comité de la Société d'Économie sociale.

Quoique M. Gibon ait bien voulu qualifier de travail collectif l'œuvre que je vous présente, je déclare qu'elle lui appartient et qu'elle porte son cachet personnel : tel est le sentiment de mes collègues et de notre président, M. Buquet.

Le rapport se compose de deux parties :

Dans la première, l'auteur compare l'état ancien et nouveau de l'industrie; les relations autrefois familiales du patron et de ses ouvriers, se succédant de père en fils, sont aujourd'hui remplacées par l'indifférence, quelquefois par l'hostilité.

Les ouvriers, très nombreux dans les vastes établissements des Sociétés anonymes, ne connaissent pas de patron et, réciproquement, les Conseils d'administration de ces Sociétés ne sont pas souvent en contact avec leurs ouvriers.

La grève peut être la conséquence fatale de ce défaut de relations fréquentes et bienveillantes.

Dans un moment de crise, quand les chefs d'industrie souffrent et ne

peuvent maintenir l'état prospère malgré leurs sacrifices, les agitateurs trouvent un terrain tout préparé pour la méfiance et la révolte.

C'est l'Angleterre qui a été la terre classique des grèves.

Le rapporteur passe ensuite en revue les Congrès nationaux et internationaux, généralement troublés par l'immixtion des idées politiques et par les revendications violentes.

2e partie. — Après le tableau ainsi exposé dans la première partie, le rapporteur arrive à la conciliation et à l'arbitrage.

Si l'Angleterre est mère de la grève, elle a su aussi, après en avoir beaucoup souffert, trouver le remède par les conseils de conciliation et d'arbitrage.

La liberté du travail, longtemps compromise par la violence systématique, a été en quelque sorte restaurée par l'action de ces conseils.

En Belgique, les *chambres d'explications* créées par M. Weiler, Ingénieur en chef des charbonnages de Mariemont et de Bascoup, ont beaucoup amélioré les rapports entre les représentants du capital et du travail, — ce qui prouve que là où ces rapports fréquents n'existent pas, il y a intérêt à les provoquer sous une forme ou sous une autre.

En France, la liberté du travail date de la Révolution. (Loi du 17 mars 1791.) Mais jusqu'en 1864, les coalitions furent proscrites, comme contraires à cette liberté.

Ce fut la loi présentée par M. Émile Ollivier en 1864, qui, en proclamant la liberté absolue des coalitions, prétendit assurer l'harmonie sociale.

Le résultat ne répondit pas à cet espoir, parce que l'établissement de ce droit s'était produit sans en définir l'exercice.

Cette lacune était déjà évidente en 1872 et sous la présidence du regretté Émile Muller, la Société des Ingénieurs civils eut l'honneur de la signaler, de la discuter et de proposer avec la dénonciation préalable de la grève l'institution d'une chambre de conciliation.

J'ai un grand plaisir à rappeler que notre rapporteur, M. Gibon, faisait partie de la commission qui mit en lumière cette conclusion.

Les quelques minutes qui me sont accordées sont écoulées.

Je n'ai plus qu'un mot à ajouter, c'est qu'après un délai de vingt ans bientôt, un projet de loi sur l'arbitrage et la conciliation a été déposé à la Chambre par un éminent député, M. Le Cour Grand-Maison (*Journal officiel* du 4 mars 1890), qui dans l'exposé des motifs s'appuie sur les vœux formulés en 1872 par la commission de la Société des Ingénieurs civils.

Permettez-moi, messieurs, en terminant de vous rappeler les noms des membres de cette commission :

C'étaient MM. Deligny, Forquenot, Gibon, Grand, Marché, Normand, Périssé, sous la présidence de M. Émile Muller (1).

En 1891 les membres de la Société des Ingénieurs civils délégués au Congrès des Sociétés savantes, sous la présidence de M. Polonceau, s'approprient et renouvellent le vœu de leurs devanciers et rendent

(1) Composition de la délégation en 1891 :

MM. P. Buquet, E. Bert, A. Gibon, E. Gruner, Aug. Moreau, H. Rémaury.

hommage, avec M. Le Cour Grand-Maison, à leur compétence et à leur perspicacité.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Rémaury de l'analyse du travail de M. Gibon, qui sera d'ailleurs publiée *in extenso* au Bulletin, et donne la parole à M. J. de Coëne, pour sa communication complémentaire sur l'*Outillage des voies de communication, ports, canaux, rivières, chemins de fer, etc.*

M. DE COËNE, avant d'entamer sa communication sur la question posée par M. Level, désire répondre à M. Gaudry qui a dit : « qu'il lui paraissait que, là où ils existent, les moyens mécaniques de levage sont peu employés ».

Il croit devoir protester contre cette appréciation parce que, avec la connaissance approfondie des ports qu'il a visités, l'opinion de M. Gaudry ne lui serait pas confirmée par les faits. — Il est vrai que les appareils mécaniques chôment à certains moments, mais quand les arrivages dans un port sont nombreux, et les arrivages abondent à certaines époques de l'année, les appareils mécaniques rendent des services considérables, car ils permettent d'imprimer aux déchargements une très grande rapidité et de débarrasser les navires dans le petit nombre de jours de planche qui leur sont accordés aujourd'hui.

Ainsi au port de Rouen, où il y a 60 appareils de levage, à certains jours, ils suffisent à peine.

A Marseille, où ils sont encore plus nombreux, au moment des grands arrivages, ils sont tous occupés et sont d'un grand secours pour le commerce.

C'est en raison des variations brusques d'utilisation des appareils de levage que l'accumulateur hydraulique rend de grands services, car il se prête merveilleusement à cette variation des besoins du port, parce qu'il marche aussi facilement avec quelques appareils que lorsque toutes les grues sont en plein fonctionnement, et qu'il ne nécessite pas, comme les grues à vapeur, un personnel spécial et de nombreux mécaniciens ; de simples manœuvres suffisent pour les diriger.

M. Douau, Ingénieur du port de Dunkerque, dit M. de Coëne, a écrit aussi à M. le Président de la Société que j'avais été sévère pour le port de Dunkerque en disant que l'outillage était bien insuffisant. Je m'empresse aujourd'hui de compléter ma communication en disant : qu'à Dunkerque on construit aujourd'hui les hangars d'abri et que, prochainement, on doit établir un système complet d'appareils mus par l'électricité, qui viendront s'ajouter aux 10 appareils de levage qui existent en ce moment.

M. Delaunay a aussi écrit à M. le Président de la Société, pour lui dire que j'avais passé sous silence l'organisation, particulièrement intéressante, du port de Pasajes, en Espagne.

Dans mon énumération des ports, je m'étais contenté de citer Pasajes parmi les ports bien outillés. Je suis heureux de profiter de la réponse à faire à M. Delaunay, pour dire quelques mots de cette organisation, remarquable aussi bien par la bonne direction donnée à l'exploitation que par l'extrême habileté avec laquelle notre collègue

tire parti d'un port d'une très faible étendue. 570 *m* de quais armés de grues à vapeur. Confié uniquement à l'initiative privée, sans subvention et sans garantie d'intérêt, ce port donne de magnifiques revenus à la Compagnie qui l'exploite.

Pasajes, grand port de refuge autrefois, qui avait, il y a quelques siècles, une grande importance, était complètement abandonné, presque ensablé.

Le gouvernement espagnol n'ayant pas les ressources nécessaires pour faire les travaux, une Compagnie s'est chargée de le réparer, de construire des quais, de l'armer d'appareils de chargement. Aujourd'hui, il reçoit à toute heure, même à marée basse, des navires de 8 *m* de tirant d'eau.

Sur les 570 *m* de quai on manutentionne 33 000 *t* par mois, ce qui représente 3,4 *t* par mètre de quai et par jour.

Si, à Dieppe, le trafic par mètre est encore plus élevé, c'est que ce trafic se compose de matières en vrac et de matières diverses, plus faciles à manutentionner; mais ces deux ports donnent un exemple remarquable de ce que peuvent produire des ports bien outillés et livrés à l'industrie privée.

C'est une réponse péremptoire à l'observation de M. Gaudry sur la nécessité de l'usage des appareils de levage dans les ports.

Pour répondre complètement à M. Level, qui a demandé un examen de l'importance des questions douanières et fiscales dans les autres pays, il faudrait se livrer à des développements très étendus qui dépasseraient la limite du temps que la Société veut bien accorder à M. de Coëne.

Il se contentera donc d'analyser rapidement cette question en France, en Angleterre et en Allemagne. Il croit d'abord devoir rappeler ce qui s'est fait en France.

Par la loi de vendémiaire an II, les navires français étaient frappés de droits de tonnage de 5 sols ; les navires étrangers, de 50 sols. Par la loi de floréal an X, des droits égaux à 50 0/0 des droits de tonnage devaient servir à la construction des ports.

Après des péripéties diverses, la loi de 1866 est venue remplacer les lois anciennes et a décidé que des droits de 2,50 *f* par tonneau au maximum pourraient être frappés sur les navires.

Ces droits devaient servir à payer les travaux à faire dans les ports.

Depuis, à la suite de la guerre de 1870, un droit de quai de 1 *f* et de 0 50 *f* par tonne fut frappé sur tous les navires au long cours et au grand cabotage, sans affectation spéciale.

La loi de 1866 a servi largement à subventionner les travaux des ports.

Mais en général, auparavant, les travaux étaient exécutés sur le budget de l'État.

Marseille seul a fait exception, et cette exception a précédé la loi de 1866 puisque la concession des Docks de Marseille date de 1859.

A Marseille il ne s'est pas agi de construire de simples magasins, ce que l'on appelle Docks, en France, mais on a construit des bassins, des formes de radoub, des quais.

On a fait un véritable port, complètement outillé, c'est-à-dire les bassins, les magasins annexes et l'outillage.

Le dock de Marseille est donc absolument semblable aux docks anglais; on y a dépensé 60 millions, sans garantie d'intérêt, sans subvention et il donne des produits rémunérateurs.

On voit donc que l'on peut en France réussir à faire ce que l'on a fait en Angleterre.

Et signe particulier, intéressant à signaler, c'est que l'ouverture des docks à Marseille a marqué une ère de prospérité remarquable depuis que ce grand entrepôt a pris l'importance qu'il a acquise.

L'augmentation du tonnage et l'augmentation de la population en ont été la conséquence.

La population qui, en 1852, était de 150 000 habitants est aujourd'hui de 350 000.

Pour les autres ports où l'entrepôt s'est développé, l'augmentation de la population a suivi.

Ainsi à Hambourg où la population était de 250 000 habitants en 1860, elle est aujourd'hui de 600 000. Le trafic, qui était de un million de tonnes à l'entrée, est aujourd'hui de 4 500 000 *t*.

A Anvers il en a été de même, mais dans une moins grande proportion, parce que Anvers est surtout port de transit.

La même augmentation ne s'est produite ni au Havre ni à Rouen, la population est restée à peu près la même qu'il y a trente ans. A Bordeaux il y a eu une faible augmentation.

Or, si on recherche la cause de ces développements, on voit qu'ils résultent de l'importance et de l'influence qu'ont pris le commerce et l'entrepôt des ports de Marseille, Hambourg, Liverpool, Anvers, Rotterdam, Amsterdam, qui sont principalement des villes commerçantes et fort peu industrielles.

Après ces détails donnés sur l'organisation française, M. de Coëne parle des ports anglais.

Les docks de Liverpool, le port le plus important après Londres, datent de plus d'un siècle. Ils ont précédé de beaucoup les chemins de fer; ils forment une organisation d'un seul bloc, tandis qu'à Londres il y a plusieurs docks séparés.

Liverpool, il y a quelques années, a absorbé les docks de la rive gauche à Birkenhead.

Ces derniers, très modernes, sont mieux installés que les anciens docks de Liverpool; ils sont munis de tout l'outillage, voies, hangars, qui manquent à ceux de la rive droite de la Mersey qui sont d'une exploitation coûteuse, ainsi que l'avait remarqué un de nos collègues à son passage à Liverpool; mais il est probable que, sous l'aiguillon de la concurrence de Manchester, les anciens docks seront modifiés, perfectionnés et mis à la hauteur des nouveaux pour éviter des dépenses inutiles de camionnage et de manutentions coûteuses, qui aggravent beaucoup les charges de Liverpool, mais qui malgré tout n'ont pas empêché Liverpool de devenir le second port du monde; grâce à l'importance commerciale et maritime qu'il occupe, c'est le port où les armateurs sont le plus nombreux.

Le bill qui a réuni Liverpool et Birkenhead date de 1858.

L'histoire de la corporation des docks de la Mersey est remarquable. Elle a la charge complète de toutes les opérations du port, construction, entretien des bassins, établissements des magasins, appareils de radoub, police du port.

Elle a dépensé 800 millions depuis cent ans. Elle a fait de Liverpool le deuxième port du monde qui a reçu et expédié l'année dernière 19 millions de tonnes.

Or, malgré ce trafic énorme, l'on paie très cher le droit d'entrer à Liverpool.

Les droits sont de 4,70 *f* par tonne de marchandise, droits supérieurs aux nôtres, mais pas de beaucoup cependant.

Or, ces droits n'effraient personne, le prix du fret est moins élevé à Liverpool que dans les autres ports. Liverpool est un grand marché, qui rend de grands services au commerce. Il a, grâce à son importance, des frets de retour dont beaucoup lui viennent de France.

Les droits se divisent entre la marchandise et l'armement.

L'armateur paie 2*f;* la marchandise, c'est-à-dire le négociant, paie 2,70*f*.

A côté de Liverpool, sous l'influence de la concurrence, Manchester veut avoir un canal maritime et des docks.

On a déjà dépensé 200 millions aujourd'hui; l'achèvement exigera encore 50 millions, difficiles à trouver, en raison de la crise financière, mais que l'on trouvera cependant.

Pour payer l'intérêt des sommes dépensées et l'entretien, les taxes établies sont basées sur ce principe : que, pour attirer les navires dans les docks de Manchester, il faut répartir les taxes entre le navire et la marchandise, comme cela se fait d'ailleurs dans tous les docks.

Les Anglais, négociants et armateurs en même temps, veulent protéger l'armement qui leur donne 2 ou 3 milliards par an, eux qui sont, sous leur pavillon, les convoyeurs du monde entier pour la plus grosse partie des marchandises.

Cette idée qui trouvera son application quand nous aurons fait de l'armement, a été proposée au Sénat par M. Teisserenc de Bort. Elle est fort juste et il faut espérer qu'elle finira par se faire jour et qu'une partie des droits frappés aujourd'hui sur l'armement, seront frappés sur la marchandise, dans l'intérêt du développement de notre marine nationale. Pour attirer les armateurs dans les ports français, bien outillés et où ils auront à payer des frais accessoires peu élevés, il faut que l'armateur, en France, soit protégé, qu'il ait le moins de dépense possible à faire.

La Compagnie du canal de Manchester, qui a fait l'objet d'une loi en 1885, est autorisée à percevoir trois droits différents :

Le droit d'entrée dans le canal ;

Le droit de parcours sur le canal.

Ces deux droits sont payés par le navire.

Le troisième est payé par les marchandises pour l'usage des bassins-docks de Manchester. Ces droits sont environ égaux aux deux autres.

Il y a enfin le Tilbury-dock, loi de 1882, qui est l'œuvre de la Compagnie East and West India Docks de Londres.

Il y a aussi des droits sur les navires et des droits sur les marchandises, comme à Manchester, à Liverpool et dans tous les ports anglais.

A Tilbury, on a dépensé 38 millions.

MM. Colson et Roume, chargés d'examiner, pour le gouvernement français, l'organisation des ports anglais, ont écrit un livre intéressant sur cette question.

Ils arrivent à une conclusion qui diffère de celle de MM. Plocq et Laroche, Inspecteur général et Ingénieur des Ponts et Chaussées, chargés, eux aussi, d'une mission en 1878.

Ces derniers sont partisans de la méthode anglaise, en raison des résultats merveilleux obtenus par le commerce anglais.

MM. Colson et Roume, au contraire, prétendent que, comme certains ports anglais de faible importance ne suffisent pas à payer leurs dépenses, l'opération est mauvaise et impraticable en France.

Or, leur conclusion ne paraît pas juste, car à part 30 ou 40 millions perdus sur une dépense totale de 2 à 3 milliards qu'a entraînée la construction des ports anglais, l'équilibre des dépenses et des recettes a toujours existé pour les grands ports, cela n'est pas douteux. Il en pourrait donc être de même en France pour les ports du Havre et de Rouen, comme cela a lieu à Marseille. Si, pour les dépenses de leurs ports, certaines villes doivent recourir, comme le disent MM. Colson et Roume, à leur budget municipal, ces villes y trouvent toujours un grand profit, car on sait que la navigation procure aux villes de grands avantages par les transactions et les dépenses qu'elle y apporte et qui compensent largement les charges municipales. Des statistiques précises montrent, en effet, que dans les ports, par les commissions, chargements, réparations, fournitures, dépenses des équipages, etc., chaque tonne de navire donne en recettes diverses, pour les habitants de la ville intéressée, une moyenne de 8 à 10 *f* par tonne, dont profite indirectement le budget municipal.

Il se passe pour les ports ce qui se passe pour les chemins de fer. Les lignes de Paris au Havre, de Paris à Lyon, de Paris à Bordeaux n'ont pas besoin de subventions, elles suffisent largement à payer les intérêts du capital d'établissement et les dépenses.

Il n'y a que les petites lignes secondaires qui demandent des garanties et des subventions.

Pour les ports, c'est la même chose. Les grands doivent se suffire à eux-mêmes, les subventions sont nécessaires seulement pour les petits : à la condition toutefois qu'on fasse des travaux utiles, ce que l'on ne fait pas toujours, malheureusement, lorsqu'on n'est pas obligé de payer la dépense et lorsque c'est l'État qui paie.

M. de Coëne croit que les ports pourront donc, dans la majorité des cas, se suffire à eux-mêmes, surtout si l'on considère que les travaux fort importants déjà exécutés par l'État, forment une large subvention.

Mais, pour arriver à des résultats économiques favorables, il faut agir comme le font les étrangers, comme on l'a fait à Marseille.

Centraliser toutes les administrations, les réunir sous une même direction : entrepôts, construction et entretien, outillage, police du port, comme dans les grandes Compagnies de chemins de fer.

Au port d'Anvers, les travaux ont été faits par l'État et par la ville; le port appartient à la ville.

Si la ville contribue pour une part aux dépenses annuelles, en dehors du produit des taxes frappées sur les navires, cette part du budget municipal est compensée par les avantages dont profitent les habitants, par les ressources indirectes de toute nature qu'ils retirent de la navigation; l'importance qu'a prise la ville en est une preuve saisissante.

A Anvers, les taxes sont de 0,94 *f;* à Liverpool de 4,70 *f,* mais Liverpool ne craint pas Anvers, parce qu'il est un grand marché et que le fret est plus bas qu'à Anvers, que Liverpool est un grand entrepôt, tandis que Anvers est surtout un port de transit.

En Hollande, on a eu recours tantôt aux capitaux privés, comme pour la nouvelle entrée d'Amsterdam sur la mer du Nord, au moment où le budget était absorbé par la construction des chemins de fer. Les taxes du port d'Amsterdam sont de 1,28 *f* par tonneau. Tantôt, comme à Rotterdam, où c'est l'État qui a fait la plus grande partie de travaux, les taxes de navigation sont de 1,10 *f* par tonneau.

En Allemagne, les ports se font généralement avec le concours des villes. A Hambourg, les travaux ont été payés, moitié par la ville, moitié par l'Etat allemand. Il s'agissait là de faire rapidement de très grands travaux, puisque les installations anciennes étaient fort incomplètes. Les droits sont environ de 1,80 *f* par tonneau. partie payée par les navires, partie payée par la marchandise.

En résumé, en comparant ce qui se fait à l'étranger, comme en Angleterre, où l'État ne fait aucuns travaux, et en France où l'État, au contraire, en fait la plus grosse part, on voit que les *navires* sont plus chargés à Rouen qu'à Liverpool, où les taxes portent en partie sur les marchandises.

Cette anomalie apparente tient au droit de quai de 1 *f* et de 0,50 *f* que paient les navires en dehors des autres taxes.

Or, pour l'Angleterre, les frets sont de 10 0/0 environ moins élevés que les frets pour France. Cet avantage des ports anglais tient surtout aux avantages qu'on y trouve, à la concentration, sous une même autorité, de tous les services : docks entrepôts, outillage, entretien et construction, réparation des navires, police des ports, tandis qu'en France, la division des services rend les opérations moins rapides et plus onéreuses pour les navires. L'exemple de Marseille et celui de Hambourg sont des exemples précieux à citer, et qui prouvent le parti qu'on peut tirer d'une semblable organisation, où le rôle important et principal, le rôle dirigeant, doit appartenir au commerce, représenté par les entrepôts, qui font la grande force et la fortune des ports anglais, qui ont ainsi réussi à monopoliser le transport pour une grande partie des marchandises du monde, qui procure aux Anglais un revenu de 2 à 3 milliards par an, et dont la France paie une grosse partie.

Or, cette force vient de ce que, autour des entrepôts, se groupent les armateurs, que nous ne possédons pas chez nous en aussi grand nombre qu'en Angleterre, ce qui nous force à nous adresser à elle pour nos transports.

Or, la France est, géographiquement, mieux placée pour le transit

de l'Europe centrale. Si à ce transit elle ajoutait un entrepôt puissant, bien organisé, la marine se développerait et donnerait à la France une source féconde de revenus. L'industrie profiterait elle-même de cette situation et du grand marché dont la France pourrait devenir rapidement le centre important, la mettant en mesure de lutter, avec avantage, contre les entrepôts étrangers.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. de Coëne de ces explications qui complètent son travail paru dans le Bulletin d'avril dernier, et donne la parole à M. V. Contamin pour sa communication sur *les Coefficients de résistance des fers et aciers*.

M. CONTAMIN présente à la Société une étude sur le choix des coefficients de résistance qu'il y a lieu d'adopter dans le calcul des dimensions à donner aux pièces composant les machines et ossatures métalliques que l'on a à projeter et faire exécuter. Ce mémoire, qui contient un assez grand nombre de tableaux et épures, sera publié dans le Bulletin; il se résume dans les considérations qui suivent :

Les dimensions à donner aux éléments métalliques des projets que l'on a à rédiger dépendent de deux facteurs qui, tous deux, ont une importance capitale sur la durée de l'œuvre qu'on se propose de réaliser.

Le premier de ces facteurs est la connaissance complète des efforts qui se développent dans les pièces dont on recherche les dimensions. Le second de ces facteurs se rapporte aux propriétés résistantes des matières employées.

Il faut, pour être bien certain des valeurs des fatigues moléculaires développées, être en mesure de tenir compte de toutes les causes pouvant modifier les fatigues de la matière. Quant aux coefficients de résistance à adopter, ils résultent des propriétés physiques des matières composant les métaux et doivent être étudiés avec la plus grande attention.

Cette résistance de la matière comporte la connaissance de trois éléments : la résistance à la rupture, la limite d'élasticité et le coefficient d'élasticité, qu'il faut déterminer en se plaçant autant que possible dans les conditions de fatigue que les pièces ont à subir.

Pour un rail, par exemple, il est absolument nécessaire de connaître, en plus des charges de rupture avec l'allongement correspondant, et de l'effort répondant à l'instant où la limite d'élasticité est atteinte, et que des essais directs de traction ou compression permettent de déterminer facilement, les limites d'élasticité et les coefficients d'élasticité qui caractérisent la matière sous la forme où elle se trouve utilisée. Cette détermination est facile avec les appareils dont on dispose dans les usines et qui donnent la déformation à des fractions de millimètre près. On soumet, à cet effet, le rail à des charges successives de 10 000, 12 000, et ainsi de suite de 2 000 en 2 000 *kg*, jusqu'au moment où l'on approche de celle qui doit répondre à la limite cherchée et dans les environs de laquelle on ne procède plus que par 500 *kg*. On mesure avec soin les flèches répondant à ces charges, après en avoir répété l'action trois fois de suite avec intervalles de cinq minutes, et les rapports de chacune de ces charges à la flèche fournissent un ensemble de résultats permettant de déterminer avec exactitude les fatigues des éléments extrêmes du rail

à l'instant où la limite d'élasticité est atteinte. Ils déterminent de même le coefficient d'élasticité se rapportant à cette matière.

Cette manière de procéder exige du temps et beaucoup de soins; mais, en ne procédant à ces essais que de temps en temps, on y trouve des éléments précieux pour apprécier les fatigues réelles qu'on peut faire supporter aux rails, et on y trouve une indication absolument sûre de la régularité dans la fabrication et l'homogénéité des produits obtenus.

M. Contamin soumet à la Société des courbes représentatives de ces essais exécutés sur des rails de 30 *kg* et de 43 *kg*, dans les usines de Denain et d'Isbergues, et appelle l'attention sur la parfaite rectitude des lignes répondant à la période élastique et sur les changements de direction de celles qui représentent les flèches qui suivent l'addition des charges nouvelles, après celles répondant à la limite d'élasticité. On retrouve dans ces différentes usines et malgré la différence dans les profils des rails, très sensiblement les mêmes caractéristiques. Ce sont des efforts de 50 *kg* en nombre rond pour la limite d'élasticité et, suivant que le métal est plus ou moins dur, des coefficients d'élasticité compris entre 18.10⁹ et 19.6 10⁹.

La traction directe donne des résistances à la rupture de 67 à 71 *kg* avec allongements sur éprouvettes de 200, découpées dans l'âme, de 18 à 21 0/0. Quant à la limite d'élasticité dans le sens de la traction directe, elle oscille autour de 40 *kg*. Ces rapports se retrouvent constants dans toutes les fournitures faites à la Compagnie du Nord.

Pour les fers et aciers très doux, les mêmes chiffres, relevés dans les nombreux essais qu'elle fait exécuter, sont naturellement bien plus faibles. Ils se résument dans les quelques chiffres qui suivent et qui se rapportent à des essais de traction exécutés sur des éprouvettes de 0,200 *m*.

Tôles ordinaires. — Moyenne de rupture, 36 *kg* dans le sens de la longueur et 31 *kg* dans le sens transversal, avec 10 0/0 d'allongement dans le premier cas et 5 0/0 dans le second.

Barres profilées. . . Charges moyennes de rupture, 34 *kg*, avec 9 0/0 d'allongement.

Fers ronds et carrés (de qualité ordinaire) . — — 33 *kg*. avec 12 0/0 d'allongement.

Fers forts supérieurs. — — 37 *kg*, avec 23 0/0 d'allongement.

Quant aux aciers, les essais exécutés sur des éprouvettes de 0,100 *m* doivent donner les résultats suivants :

Tôles et plats de plus de 0,500 m :

Résistances. . . . . { En long . . . . . 44 *kg*. / En travers . . . 44 *kg*.

Allongements moyens. { En long . . . . . 24 0/0. / En travers . . . . 24 0/0.

Barres profilées :

Mêmes chiffres que ci-dessus pour les essais en long.

La striction doit être, pour tous ces aciers, d'au moins 45 0/0.

Les rivets sont d'une qualité extra-douce, la même, que l'on fasse

usage du fer ou de l'acier. La résistance moyenne doit atteindre 38 *kg* et les allongements correspondants 28 0/0.

La limite d'élasticité qui se rapporte à ces deux groupes de matières est caractérisée par le fait d'être sensiblement égale à la moitié de la charge de rupture. Elle répond donc, pour les fers, à une charge de rupture oscillante autour de 17 *kg*, et, pour l'acier, à des efforts atteignant et dépassant même quelquefois un peu 20 *kg* par millimètre carré.

Une propriété caractéristique de ces métaux est de pouvoir subir, sans que les propriétés résistantes de leurs molécules s'en trouvent altérées, l'action indéfinie des forces qui agissent sur le système auquel elles appartiennent, et ceci quel que soit le sens des efforts moléculaires qui résultent de l'action des forces déformatrices sur le système considéré.

Une seule condition doit être remplie, c'est que les plus grandes fatigues de tension ou de compression restent toujours inférieures à celles répondant à la limite d'élasticité.

Ce fait, contesté un moment, surtout dans le cas de l'alternance des efforts, est admis aujourd'hui par l'immense majorité des Ingénieurs de presque tous les pays. Mis en évidence en Allemagne, dans ces derniers temps, par les belles et nombreuses expériences faites par M. Bauschinger, de Munich, il se trouve admis par beaucoup d'Ingénieurs allemands, qui étaient restés sous l'impression du retentissement donné aux essais de M. Wohler sur le même sujet, mais qui, on ne saurait trop le faire remarquer, répondaient à des répétitions d'efforts dépassant la limite d'élasticité et, par suite, se rapportaient à des conditions de résistance n'ayant aucun rapport avec celles auxquelles on soumet nos rails, nos machines et ossatures de ponts, et autres constructions métalliques.

En cumulant les fatigues qui, à un moment donné, peuvent être mises en jeu par l'action des forces qui agissent sur le système considéré, on n'arrive jamais, dans les études faites par les Ingénieurs de la Compagnie du Nord, à des tensions et compressions atteignant comme maximum de fatigue la moitié de la limite d'élasticité. Les nombreux essais faits par cette Compagnie sur ses rails et pièces de pont, ayant plus de 25 et 35 années de service et ayant supporté le passage de millions de tonnes et de centaines de mille trains, viennent démontrer cette conservation indéfinie des propriétés élastiques des métaux d'une façon absolument indiscutable.

M. Contamin, après avoir rappelé les essais très intéressants exécutés sur ce sujet en Russie par notre savant collègue et ami M. Belelubsky, cite un grand nombre d'essais sur des rails et pièces de pont, qui se trouvent reproduits dans son mémoire, et apportent un nouveau témoignage en faveur de la conservation des propriétés élastiques.

Il analyse et établit tout d'abord les fatigues les plus grandes qu'un rail de 30 *kg* en acier peut avoir à subir à un moment donné. Partant de l'action statique due aux locomotives à très grande vitesse, qui sont celles produisant les fatigues maxima dans la matière, il ajoute successivement à ces actions statiques celles dues au mouvement de la locomotive et qui produisent au contact de la roue et du rail des fatigues additionnelles on ne peut plus sensibles, et il y ajoute enfin l'influence, sur ces tensions et compressions, de l'état vibratoire dû à la vitesse qui,

pour certains trains, dépasse au chemin de fer du Nord celle de 100 *km* à l'heure, répondant à une vitesse de 28 *m* par seconde.

L'état statique seul ne fait naître que des tensions et compressions de 8,75 et 9 *kg*, dans le champignon et le patin du rail de 30 *kg*. Lorsqu'on fait intervenir les forces additionnelles dues à l'état de mouvement des machines, on trouve pour les mêmes fibres des tensions et compressions qui portent les fatigues totales à 17,27 *kg* pour le patin, et à 14,27 *kg* pour le champignon. Avec l'influence du mouvement vibratoire, ces fatigues peuvent atteindre les chiffres de 24,70 dans le patin et de 21 *kg* dans le champignon.

Ces chiffres qui, dans les rails de 43 *kg*, se trouvent réduits de moitié, correspondent, pour les anciens rails, à un état de fatigue qui représente la moitié à peu près de la valeur qui caractérise la limite d'élasticité à la flexion des rails en acier de cette Compagnie ; aussi conservent-ils toutes leurs propriétés élastiques et résistantes, comme le démontrent des essais au mouton, puis de traction et d'allongement auxquels on a soumis un certain nombre de rails fournis par la Société d'Imphy, en 1867 et 1868, et placés sur les parties en pente et les plus fatiguées du réseau.

Ces rails, qui ont subi un passage de plus de 500 000 trains et de 85 millions de tonnes, ont résisté, malgré des usures atteignant dans le champignon et le patin les chiffres de 3, 5 et 2 *mm*, aux chutes du mouton de 300 *kg* dans des conditions en tout identiques à celles constatées au moment de leur réception. Quant aux essais de rupture directe, ils ont atteint et dépassé 70 *kg* par millimètre, avec des allongements après rupture de 6 à 8.5 0/0, c'est-à-dire les mêmes que ceux relevés au moment même de la réception, et qui sont les caractéristiques des aciers élastiques et un peu durs imposés à cette époque aux fabricants de rails.

Ce même fait se trouve mis en évidence par les nombreux essais de traction en long et en travers exécutés par la Compagnie du Nord sur les fers de ses tabliers, lorsque après un service de plus de 35 ans on se trouve amené à les renforcer et qu'on peut ainsi disposer de fer datant de 1855, 1856 et 1858.

M. Contamin cite de nombreux essais exécutés sur des éprouvettes de ces fers de passages supérieurs, de passages inférieurs, de ponts en arcs et de pièces de petite longueur de ponts droits ; pièces dont beaucoup ont subi des alternances. Ces essais établissent que les propriétés élastiques n'ont pas été seulement conservées, mais que certains allongements, qui n'étaient pas exigés alors, se trouvent augmentés, ce qui serait plutôt l'indice d'une amélioration de qualité.

La fatigue de ces pièces ainsi essayées était comprise entre 9 et 10 *kg*, c'est-à-dire arrivait à la moitié de la limite d'élasticité.

M. Contamin passe en revue les essieux et pièces mobiles des wagons et machines en service au chemin de fer du Nord, et démontre que ces pièces, dont les fatigues moléculaires atteignent par moments des valeurs oscillant autour de la moitié de la limite d'élasticité des matières employées à leur fabrication, conservent elles aussi leurs propriétés élastiques, malgré des alternances dans le sens des efforts qui dépassent le chiffre de 1 000 par minute pour les essieux de wagon, et celui de 500

pour les grandes roues des machines, dites à outrances, affectées au service des express.

Ces essieux parcourent de 800 000 à 1 000 000 de kilomètres sans rien perdre de leurs qualités élastiques, et ne sont remplacés généralement que du fait de l'usure des fusées qu'on a laissé chauffer, ou des chocs qui les ont faussés ou cassés.

Plusieurs règles se dégagent de ces faits ; on peut sans rien changer à la qualité des fers et aciers les soumettre à des fatigues oscillant autour de la moitié de la limite d'élasticité. Lorsqu'on évalue les fatigues par la seule considération de l'effet statique des charges, il faut tenir compte de la fatigue additionnelle produite par leur état de mouvement en réduisant en conséquence le rapport de la fatigue à la limite d'élasticité.

Les coefficients employés dans les calculs supposant l'effet statique ne doivent donc représenter qu'une fraction de la moitié de la limite d'élasticité, fraction d'autant plus petite que les pièces considérées sont plus ou moins affectées par l'état du mouvement.

Pour les rails, cette fraction est le cinquième de la limite d'élasticité. Dans les ponts, elle varie avec l'influence que l'état du mouvement exerce sur les pièces ; grande pour celles de petites dimensions, moins grande pour les poutres principales.

Ces considérations sont d'ailleurs celles qui ont bien certainement inspiré la rédaction des instructions administratives rédigées par les gouvernements étrangers sur ce sujet.

M. Contamin fait connaître les dispositions intéressant la résistance stipulée dans ces circulaires et insiste d'une manière toute particulière sur les chiffres de la circulaire russe de 1888, que notre collègue M. Belelubski a eu l'obligeance de lui adresser avec des notes explicatives qui justifient en tous points les considérations développées sur la fraction de la limite d'élasticité à faire figurer dans les calculs, lorsqu'on ne considère que l'action statique des forces.

Il insiste enfin sur l'absolue nécessité de ne mettre en jeu dans la rivure qu'une adhérence de 4 *kg* par millimètre carré de section, et d'éviter dans la composition des poutres de river des épaisseurs trop grandes.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Contamin pour la savante et intéressante communication qu'il vient de faire.

M. CHARTON dit que cette communication est d'autant plus opportune qu'à la suite de l'accident regrettable qui vient de se produire sur la ligne du Jura-Simplon, on a écrit et dit bien des choses inexactes, et notamment, que l'on n'était jamais sûr de la qualité du fer qui était soumis à des états alternatifs. M. Contamin, avec sa haute compétence, a démontré que, dans les chemins de fer français, tout était étudié avec un soin tout particulier. Les études sur les rails sont si remarquables, que des rails établis depuis trente ans n'ont subi aucune altération ; et il en est de même pour les ponts, ce qui doit être très rassurant pour le public. Néanmoins, il est nécessaire que tous les ouvrages soient soumis à une grande surveillance, car ils sont exposés à bien des causes de détérioration.

M. CONTAMIN répond que les circulaires et ordres de service des Com-

pagnies prescrivent de fréquentes visites des ponts et le bon état d'entretien et de peinture de ces ouvrages.

M. Aug. Moreau rappelle qu'au Congrès des procédés de construction à l'Exposition de 1889, notre collègue M. Belelubsky a cité l'exemple d'un pont construit en Russie, sur le Dnieper, à Kieff, dont les matériaux n'avaient pas changé d'état au bout de quarante ans. Au moment de la construction, on avait prélevé des échantillons de métal que l'on a comparés avec les matériaux du pont, et l'on a constaté qu'il n'y avait aucune modification dans les coefficients de rupture d'allongement de compression et de limite d'élasticité. Cette constatation est d'une grande importance au point de vue pratique.

M. Contamin dit qu'il a communiqué des faits analogues à l'appui de la communication de M. Belelubsky.

M. Badois demande combien ont donné à la rupture les rails qui, après un certain temps de service, ont donné jusqu'à 50 *kg* de résistance comme limite d'élasticité.

M. Contamin indique les chiffres de 70 à 71 *kg*.

M. Badois rappelle qu'au temps où il était à l'École, on estimait que le bon fer résistait à la rupture à 36 *kg*, et la limite d'élasticité, à 13 *kg*. Depuis, il a essayé beaucoup d'aciers et il y en a qui cassent à 50 *kg*, d'autres à 60 *kg* et qui n'ont cependant que 25 *kg* comme limite d'élasticité. Il demande si les limites d'élasticité indiquées par M. Contamin sont le résultat d'un calcul ou d'expériences directes?

M. Contamin répond que les chiffres de 50 *kg* et de 71 *kg* résultent des expériences qu'il a développées et qu'exécutent d'ailleurs également les Ingénieurs de toutes les Compagnies.

Vu l'heure avancée, la discussion du travail de M. Casalonga, ainsi que les communications de MM. C. Jouffray et E. Lefer, sont remises à la séance du 17 juillet.

La séance est levée à onze heures et demie.

Séance du 17 juillet 1891.

Présidence de M. E. Polonceau.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

A propos du procès-verbal de la dernière séance, et en réponse aux observations présentées par MM. Aug. Moreau et V. Contamin, M. le Président signale quelques erreurs d'impression qui se sont glissées dans ce procès-verbal, notamment en ce qui concerne le pont du Dniéper dont a parlé M. Moreau. Ces erreurs, dues au peu de temps dont on a

disposé pour corriger les épreuves, par suite des fêtes dernières, ont été rectifiées lors de l'impression définitive du présent bulletin.

M. Fleury demande que la discussion de la communication de M. de Coëne ne soit pas considérée comme définitivement close, afin de lui permettre, dans une séance ultérieure, de dire à son tour quelques mots sur ce sujet.

Il est pris note de cette demande.

Sous réserve de ces observations, le procès-verbal de la séance précédente est adopté.

M. le Président, rappelant le décès de notre collègue M. J.-P. Meyer, qui a été annoncé à la séance du 7 juillet, s'exprime ainsi :

Messieurs,

Nous vous avons annoncé à la dernière séance de la Société la grande perte que nous venions de faire en la personne de Jean Meyer, Ingénieur en chef à la Compagnie des chemins de fer du Jura-Simplon.

Nous tenons à rappeler ici brièvement la vie de ce collègue si sympathique, qui était entré à la Société en 1881.

Jean Meyer est né à Fribourg (Suisse), le 8 octobre 1840, d'une famille originaire de Schaffhouse, établie depuis assez longtemps à Fribourg, où il fit ses premières études.

Il entra en 1856 à l'École Polytechnique de Zurich, où sa vive intelligence et son ardeur au travail lui firent obtenir de brillants succès et d'où il sortit, en 1859, avec le diplôme d'Ingénieur.

En janvier 1860, il entrait au service de la Compagnie des chemins de fer de Lausanne-Fribourg et à la frontière bernoise : d'abord comme Ingénieur attaché au bureau central des travaux, puis comme conducteur des travaux ; ensuite, en 1863, comme adjoint de l'Ingénieur de la ligne.

En 1863, les trois Compagnies de l'Ouest, du Franco-Suisse et de Lausanne-Fribourg-Berne s'associèrent pour une exploitation commune à forfait. M. J. Meyer fut chargé par l'association de surveiller la partie technique de l'exploitation et de diriger les travaux de construction. Ces diverses lignes ayant fusionné sous le titre de Suisse-Occidentale, M. Meyer fut nommé, le 1er janvier 1872, chef du service des études et des travaux neufs et, en juillet 1873, Ingénieur en chef de la construction. En 1883, on réunit à son service celui de l'entretien de la voie ; enfin, en 1890, lors de la fusion de S.-O.-S. avec le J.-B.-L., les deux services furent de nouveau séparés, et M. Meyer fut investi du titre et des fonctions d'Ingénieur en chef du service des études et des travaux neufs, fonctions qu'il conserva jusqu'à sa mort, c'est-à-dire jusqu'au 29 juin 1891.

Comme nouvelles lignes, M. Meyer a construit spécialement celle de Fribourg-Yverdon, de 51 *km*, dont il a fait toutes les études, dirigé tous les travaux en réalisant une économie de 10 0/0 sur les devis ; puis celle de Pont-Vallorbes ; il a fait aussi les études de la ligne Viège-Zermatt, à voie étroite, avec sections à crémaillère, qui va être ouverte dans quelques jours à l'exploitation ; enfin, il a surveillé la construction de la ligne longitudinale de Broye.

De 1866 à 1891, il a dirigé tous les travaux d'extension et de parachèvement qui ont été fort nombreux de la S.-O.-S. et du Jura-Simplon.

Mais l'activité de M. Meyer s'était portée avec prédilection depuis près de dix ans sur la traversée du Simplon dont il avait fait, en 1882, les études complètes comportant le grand tunnel de base.

Pendant l'expertise en 1886, j'ai eu occasion de travailler avec lui sur le terrain dans les diverses séances que nous avons tenues et je puis dire que j'ai rencontré rarement un Ingénieur plus intelligent et plus modeste : les divers travaux que nous avons eu à lui demander étaient exécutés avec une netteté, une rapidité, une sûreté de coup d'œil extrêmes et tout spécialement économiques; c'est certes grâce à lui que nos travaux ont pu être menés à bonne fin.

M. Meyer s'était occupé beaucoup de la chaleur centrale dans l'intérieur des massifs. Il a envoyé dernièrement à la Société une nouvelle note sur la chaleur centrale dans l'intérieur des massifs, les difficultés qu'elle occasionne pour les grands percements alpins et les moyens d'atténuer ces difficultés.

Cette note très curieuse complète celle si intéressante que M. Meyer nous a déjà adressée sur le même sujet et que j'ai déposée sur le bureau de la Société dans la séance du 7 novembre dernier.

M. Meyer y résume d'abord les travaux des savants et des Ingénieurs qui se sont occupés de cette question.

Parmi les travaux spéciaux, il cite en première ligne ceux de M. le Dr Stapff, Ingénieur géologue du Gothard, publiés en 1879 et 1880 dans la *Revue universelle des mines* de Cuyper et intitulés : *Étude de l'influence de la chaleur intérieure de la terre sur la possibilité de construction des tunnels dans les hautes montagnes*. M. Stapff, en s'appuyant sur de nombreuses observations qu'il a faites au Gothard, est arrivé à établir des formules permettant de déterminer l'accroissement de la température intérieure sur la température moyenne à la surface, en fonction de la profondeur verticale et de la plus courte distance à la surface.

Ces formules appliquées au premier projet de tunnel du Simplon de 1878, qui passait sous le Monte-Leone et avait une longueur totale de plus de 18 *km*, l'ont amené à conclure qu'on rencontrerait dans l'intérieur de ce tunnel une température d'au moins 47° centigrades. M. Stapff, dans son travail, discute également les conditions physiologiques des travaux souterrains sous l'influence de ces températures élevées et insiste sur le fait qu'une température élevée, surtout lorsque l'air est très chargé d'humidité, diminue considérablement le rendement du travail humain; d'après lui, tout travail humain deviendrait impossible à 40° si l'air est saturé d'humidité et à 50° s'il est sec.

A propos des formules établies par M. Stapff, M. Meyer observe que la valeur du degré géothermique ne doit pas dépendre uniquement de la forme extérieure des massifs ou de considérations plastiques, mais aussi de la chaleur spécifique ou de la conductibilité des différentes couches et qu'il conviendrait, pour la détermination des températures probables dans l'intérieur des massifs, de se borner à comparer ces derniers à d'autres massifs déjà connus et présentant une composition minéralogique à peu près semblable.

C'est cette méthode qui a été adoptée par MM. les professeurs Heinm, Renevier, Lory et Taramelli pour le travail d'expertise qui leur avait été confié, en mai 1883, par la Compagnie de la Suisse-Occidentale-Simplon.

En étudiant l'allure des courbes isogéothermes dans les deux massifs du Gothard et du Simplon et se servant de profils en travers que M. Meyer avait fait établir pour cette étude, ils ont pu déterminer les températures maxima correspondant aux divers tracés en présence avec une erreur possible de ± 3° centigrades. Ils ont obtenu de cette façon des températures maxima probables variant, suivant les tracés, entre 31°,9 et 50°,5.

L'évaluation, par la même méthode, de la température que l'on rencontrerait dans le percement du mont Blanc les a conduits à une température maxima de 50 à 56° centigrades.

M. Meyer rappelle, à titre de comparaison, que la température maxima de la roche observée dans le percement du Gothard avait été de 30°,75.

M. Meyer cite également, parmi les travaux spéciaux relatifs à cette question, la note publiée en 1883 par M. de Stockalper, ancien chef de service de l'entreprise du Gothard, et intitulée : *Les grands tunnels alpins et la chaleur souterraine.* — J'ai remis un exemplaire de cette note à la Société dans la séance du 7 novembre dernier. — L'auteur de cette étude arrive, au point de vue des températures à prévoir dans les différents projets de percement de tunnels, sensiblement aux mêmes conclusions que la commission d'expertise de la Compagnie de la Suisse-Occidentale-Simplon. Il donne, en outre, de nombreux renseignements sur les inconvénients qu'a présentés au tunnel du Gothard la température élevée et surtout très humide : maladie des hommes et des chevaux, grande mortalité de ces derniers, diminution considérable du rendement du travail humain et, par suite, renchérissement des travaux exécutés. Les ouvriers ne venaient plus au travail qu'un jour sur trois; il s'ensuivit une augmentation des salaires de 25 0/0 et une réduction des heures de travail de 7 à 5 par poste. La conséquence fut une augmentation des prix de revient de l'unité de travail, qui devinrent doubles et même triples de ce qu'ils étaient pour les premiers kilomètres, et un ralentissement notable dans les travaux.

M. Meyer termine sa note par l'examen des différents moyens que l'on a d'atténuer les inconvénients de ces températures élevées. Il rappelle les études faites à ce sujet par la commission d'expertise nommée en 1886 pour examiner les divers projets de percement du Simplon, et dont j'ai eu l'honneur de faire partie en compagnie de MM. Doppler, Huber et de M. le colonel Jules Dumur.

Les conclusions de la commission ont été qu'il fallait concentrer tous les chantiers sur une longueur de 500 *m* au plus du front d'attaque, ainsi que cela s'était fait au tunnel de l'Arlberg, afin de rendre plus facile la ventilation, ainsi que l'application des mesures hygiéniques de propreté et des mesures réfrigérantes; assurer une ventilation abondante; faire distribuer de l'eau pure dans les chantiers, à l'usage des ouvriers; avoir un service médical très soigné, comprenant l'hygiène et la propreté des habitations, les bains, etc.; enfin, rafraîchir les chantiers profonds en employant un ou plusieurs des procédés suivants, qui ont

été étudiés par M. le colonel Dumur : *refroidissement par ventilation à la pression normale, par projection d'eau pulvérisée et rafraîchie, par fusion de la glace ou par extension de l'air comprimé.*

M. Dumur estime, d'après les calculs auxquels il s'est livré, que le premier moyen, ventilation à la pression normale, ne suffirait pas, employé seul, pour produire un rafraîchissement suffisant d'un tunnel en construction ; il n'en reste pas moins nécessaire pour l'enlèvement des gaz irrespirables ; mais il faut, pour obtenir le rafraîchissement désirable, recourir en plus à l'un des trois autres moyens indiqués.

En projetant de l'eau pulvérisée et rafraîchie à 15° sous une pression de 10 atmosphères, il suffirait, d'après M. Dumur, d'une dépense d'eau de 200 *l* par minute et par kilomètre de galerie, pour produire un refroidissement de 10° au-dessous de la température moyenne de la roche, et la force nécessaire serait seulement de 30 chevaux ; on pourrait, d'ailleurs, l'emprunter aux cours d'eau voisins. On a observé ainsi récemment au puits de l'Éparre, à Saint-Étienne, que la pulvérisation de 10 *l* d'eau par minute dans une galerie de mine avait abaissé la température de 3°. M. Meyer observe à ce propos qu'on obtiendrait une réfrigération beaucoup plus efficace encore en projetant de l'eau à 0°, comme le lui a proposé récemment M. Raoul Pictet.

Le procédé par fusion de la glace paraît à M. Meyer être d'une application pratique, attendu que la glace au moment de sa fusion absorbe l'humidité de l'air et a pour effet de l'assécher au lieu de la saturer davantage, pourvu qu'on prenne les précautions pour écouler l'eau de fusion aussi rapidement que possible. 25 *kg* de glace suffiraient pour abaisser de 10° la température des chantiers sur 1 *km* de galerie de base et de faîte. Cela nécessiterait une dépense de 40 m^3 seulement de glace par jour et produirait dans le tunnel un débit de 1/2 *l* d'eau par seconde, ce qui est insignifiant.

Enfin, le quatrième procédé, rafraîchissement par l'expansion de l'air comprimé, exigerait une force de 5 000 *ch* de chaque côté du tunnel, si on voulait obtenir un rafraîchissement complet des chantiers et une force de 2 000 *ch* de chaque côté, en admettant qu'à partir de 30° on interrompe tous les travaux, sauf ceux de deux galeries d'avancement, et qu'on se borne à rafraîchir les chantiers d'avancement seulement.

M. Meyer conclut en disant que la commission pense avoir établi qu'il est possible de vaincre par l'un des procédés qui viennent d'être indiqués, et même par l'emploi simultané de deux de ces procédés, les difficultés qu'on pourra rencontrer dans le percement du tunnel du Simplon du fait des températures élevées et que, dans ces conditions, on ne doit pas craindre d'aborder le percement de ce tunnel en prenant les tracés de base les plus avantageux et, parmi ceux-ci, celui en ligne droite, malgré que la température probable que l'on rencontrera doive dépasser de quelques degrés celle qu'on a rencontrée au tunnel du Gothard.

M. Meyer jouissait d'une très grande notoriété en Suisse et à l'étranger. Le Conseil fédéral l'avait nommé membre du conseil de l'Ecole Polytechnique de Zurich ; il avait contribué à fonder la Société des anciens

élèves de cette école et l'a présidée pendant quelque temps. A sa mort, il était président de la Société vaudoise des Ingénieurs et Architectes.

Cette vie si remplie a été brisée bien trop rapidement pour tous les siens, ses amis et l'art de l'Ingénieur. Son obligeance était extrême; c'était un vulgarisateur et il était toujours heureux de faire connaître ses travaux, ses idées; de communiquer tout ce qui pouvait améliorer, faire progresser; on sentait déborder en lui l'amour du bien, son amitié toujours prête avec un dévouement sans égal.

C'est une grande perte pour ceux qui l'ont connu: il était de ces amis, de ces collègues qu'on ne remplace pas.

M. LE PRÉSIDENT est heureux d'annoncer les décorations et nominations suivantes:

Ont été nommés:

Chevaliers de la Légion d'honneur:

MM. P. Chalmeton, F. Dujardin-Beaumetz, A. Hallopeau, A. Hauet, L. Maës, E.-V. Mollevaux, M. de Nansouty et Aug. Pillé;

Commandeur de l'ordre du Christ de Portugal:

M. Delaunay-Belleville.

Enfin M. Trélat, notre ancien président, a été élu député du Ve arrondissement.

M. LE PRÉSIDENT adresse, au nom de la Société, à chacun de nos collègues, ses félicitations les plus sincères pour ces distinctions si bien méritées.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le bureau la liste des ouvrages reçus depuis la précédente séance, liste publiée à la suite du présent procès-verbal.

Il est donné lecture:

1° D'une lettre de M. Vlasto, qui reste déposée au secrétariat, et indiquant pour ceux que cette question peut intéresser, que le tableau de la flotte actuelle des navires armés en vue de la pose des câbles sous-marins, tableau que M. Vlasto a communiqué à la Société dans la séance du 20 mars, a été publié pour la première fois dans un ouvrage anglais intitulé *Electrical Trades Directory and handboat*, auquel M. Vlasto l'a emprunté et dont il remet un exemplaire à la Société;

2° D'une lettre de M. Jordan, répondant à celle de M. Charpentier, en date du 19 juin dernier et ainsi conçue:

« Paris, le 16 juillet 1891.

» Mon cher Président,

» Une indisposition et une absence m'ont empêché de voir plus tôt » la lettre de M. Charpentier insérée au procès-verbal de la séance du » 19 juin. Je ne puis la laisser sans réponse.

» J'ai dit qu'on ne peut considérer A. Bérard comme un des pionniers » de la déphosphoration sur sole basique et je le répète en m'appuyant » sur des documents publics, tels que la note de M. Bérard à l'Académie » des Sciences en 1865, ses brevets, la description des essais de Montataire publiée en 1867 par M. Gruner, les brochures publiées par » M. Bérard lui-même en 1870, à Paris et à Bruxelles, la description

» des essais de 1869 à Marquise, publiée par moi-même. Je ne parle pas » des rapports du jury de l'Exposition de 1867 et je m'abstiens aussi de » citer les opinions personnelles, sur les essais et leurs produits, de » MM. Gruner et Tunner (le métallurgiste styrien bien connu) que j'ai » recueillies dans une visite que j'ai eu la bonne fortune de faire avec » eux à l'Exposition de M. Bérard en mai 1867. En me limitant aux » documents publics, je maintiens que c'est à M. Gruner qu'appartient » l'honneur d'être le précurseur de la déphosphoration sur sole basique » et que M. A. Bérard, du reste, ne l'a jamais revendiqué, que je sache.

» Quant à la densité de 8,97 indiquée maintenant pour un acier » obtenu par M. Bérard, je maintiens qu'elle est en désaccord avec tous » les chiffres des expérimentateurs les plus autorisés. Tous les aciers au » carbone ont une densité inférieure à celle du fer : si M. Percy, en » citant les expériences faites *en 1840* par Elsner, pour déterminer la » diminution de densité produite par la trempe, indique un chiffre de » 8,09 obtenu par cet ancien expérimentateur, il montre aussi, par les » nombreux chiffres obtenus par Réaumur, Rinman, Caron et lui-même, » que ce chiffre est exceptionnel, tout en étant du reste inférieur à celui » de 8,14 qu'il a indiqué lui-même comme densité du fer le plus dense » qu'il ait pu obtenir, un fer électrolytique. J'ajouterai que les nouveaux » aciers, même ceux à forte teneur de manganèse (10 0/0 par exemple), » n'ont pas une densité sensiblement différente de celle des aciers au » carbone seul ; il faut s'adresser à des alliages de fer et de tungstène » (métal dont la densité est 17,60) pour dépasser la densité de 8,14.

» Quant au *rosenstahl*, je ne puis que répéter ce que j'ai dit à son » sujet, quoique je reconnaisse qu'en remontant aux livres de Karsten » ou de Tunner (cité par Percy) publié en 1858, on trouve ce nom dans » la synonymie d'un ancien acier obtenu au bas foyer et qui appartient » maintenant à l'archéologie métallurgique.

» Veuillez agréer, etc.

» S. JORDAN. »

M. LE PRÉSIDENT, après la lecture de cette lettre, fait remarquer que la question dont il s'agit et le débat spécial qu'elle soulève, n'ont qu'un intérêt purement rétrospectif ; en conséquence, il déclare cette discussion close.

3° D'une lettre de M. Lefer qui s'excuse de ne pouvoir, par suite d'une absence qu'il n'a pu retarder, faire ce soir sa communication sur une *disposition propre à améliorer le rendement pratique des machines à vapeur*.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Claudius Jouffray, pour sa communication sur les *conditions économiques actuellement réalisables dans les machines à vapeur*.

M. CLAUDIUS JOUFFRAY dit que le travail qu'il a l'honneur de soumettre à la Société a été écrit, il y a près de quatre ans, comme justification d'un projet de machine marine. Il s'est décidé à la présenter, parce qu'il y avait employé la méthode directe de décompte des calories que M. Casalonga a donnée dernièrement comme nouvelle et personnelle. Si ce

travail peut paraître chétif après les brillantes discussions que la Société vient d'entendre, il a du moins l'excuse de n'avoir point de hautes prétentions, M. Jouffray ayant cherché uniquement à établir, en vue d'applications immédiates, ce qu'il appelle l'*arithmétique des résultats*.

Considérons, dit M. Jouffray, une machine à condensation réalisant une température de 60° centigrades à l'échappement et recevant la vapeur à la pression de 11,5 atmosphères, soit à la température de 190°,20. La pression effective sur le piston sera 129 175 — 2 048 = 127 127 *kg* par mètre carré.

Si le volume de vapeur introduit est de 1 m^3, le même chiffre représentera en kilogrammètres le travail produit à pleine pression, et le poids de la vapeur à cette température étant, d'après Zenner, 6,4986 *kg*, 1 *kg* de vapeur introduite donnera à pleine pression un premier travail de :

$$\frac{127\,127}{6,4986} = 19\,561 \text{ kilogrammètres,}$$

représentant 46,022 calories, cela sans rien perdre de sa chaleur propre.

Il reste, enfermé maintenant dans la machine, 1 *kg* de vapeur saturée à 190°, qui va se détendre, et comme les parois ne sont pas inactives, il y a intérêt à employer les enveloppes réchauffantes pendant cette détente. Poussons les choses à l'extrême et supposons que l'enveloppe ait transmis assez de chaleur pour que la masse de vapeur soit, à la fin de la détente, à l'état de vapeur saturée sèche. Pour cela, il nous aura fallu ajouter, d'après Hirn, une quantité de chaleur

$$Q = 800,756 \log \text{hyp.} \frac{T_o}{T_1} - 0,000\,128\,(T_0^2 - T_1^2)$$
$$+ 0,000\,0002\,(T_0^3 - T_1^3) - (q_o - q_1),$$

q_0 et q_1 représentant les quantités de chaleur contenues dans 1 *kg* d'eau aux températures absolues T_o et T_1.

On trouve, aux températures qui nous occupent :

$$Q = 130,24 \text{ calories.}$$

La quantité de chaleur transformée pendant la détente se composera de ces 130,24 calories, plus la différence $U_o - U_1$ des sommes d'énergie disponible contenues dans la vapeur avant et après la détente :

U_o = 664,532 — 46,576 =	617,956
U_1 = 624,800 — 36,544 =	588,256
$U_o - U_1$ = calories	29,700

On a donc au total :

Pleine pression.	46,022
Détente	29,700
Cédé par l'enveloppe . .	130,240
Ensemble	205,962

D'autre part, on aura dépensé :

Chaleur totale de 1 *kg* d'eau à 60°, vaporisée à 190°	604	calories.
Chaleur d'enveloppe.	130,402	»
Ensemble	734,240	calories.

Le rendement du cycle complexe formé par la vapeur intérieure et la vapeur d'enveloppe sera donc :

$$\frac{205,962}{734,240} = 0,28.$$

Or, le coefficient économique à ces températures est :

$$\frac{130}{463} = 0,28.$$

Donc :

La machine à vapeur convenablement réchauffée peut servir de véhicule à une quantité considérable de chaleur extérieure.

A la limite, elle réaliserait, grâce à l'enveloppe, le rendement maximum.

M. Jouffray observe qu'évidemment cela ne serait exact qu'avec un réchauffement intermittent et des parois sans masse ; mais il insiste sur la valeur relative des chiffres, valeur qui n'apparaît pas aussi nettement dans les calculs ordinaires, et d'où résulte que, dans la machine à vapeur, les effets de la condensation intérieure jouent un rôle absolument prépondérant.

Arrivant à la machine réelle, M. Jouffray cherche quelle est la quantité totale de chaleur qu'on peut transformer.

Dans le cas actuel, on est sûr des deux premiers termes :

Pleine pression.	46,022 calories.
Détente	29,700 »

Le deuxième terme est incomplet, parce qu'il y a condensation partielle. Dans l'impossibilité de faire le départ des phénomènes, on peut, comme méthode de calcul, attribuer à la détente ces 29,700 calories et reporter le reste sur la partie réalisable de la chaleur d'enveloppe.

Le troisième terme ainsi défini est impossible à calculer *a priori*, mais il est lié par une certaine loi à la quantité d'eau condensée par les enveloppes et l'expérience peut nous éclairer.

M. Jouffray soumet au calcul une machine expérimentée dont les éléments sont :

Pression au cylindre	6 *kg*
Vide.	0,65
Rapport de la quantité d'eau purgée de l'enveloppe à la quantité totale consommée	0,1048
Consommation totale par cheval indiqué	6,888 *kg*

Les limites de température indiquées donnent pour le travail :

Pleine pression.	25,123 cal.
Détente sans condensation intérieure	24,500
Ensemble	49,623 cal.

D'autre part, pour empêcher toute condensation, il faudrait ajouter 111 calories.

Chaque kilogramme de vapeur a donné :

$$\frac{270\,000}{6,888} = 39\,198,60 \text{ kilogrammètres}$$

ou 92.232 calories.

Mais dans ce kilogramme il y avait :

0,1048 de purge d'enveloppe
et 0,8952 de vapeur directe.

On a donc recueilli :

$$0{,}8952 \times 49{,}623 = 44{,}422 \text{ calories}$$

abandonnées par la vapeur directe.

Le reste, soit :

$$92{,}232 - 44{,}422 = 47{,}810 \text{ calories}$$

doit être, sous les réserves précédemment formulées, attribué à l'enveloppe.

Si l'on compare à la dépense, en appelant puissance théorique de l'enveloppe, le chiffre de 111 calories nécessaire à empêcher toute condensation, on trouve que cette machine a utilisé les 0,48 *kg* de la puissance théorique de l'enveloppe et qu'elle a transformé en travail les 0,92 de la dépense effective de l'enveloppe.

M. Jouffray observe que cette méthode de calcul, critiquable pour la machine à un cylindre et dont il ne se sert que pour obtenir une base numérique, se rapproche au contraire de la vérité théorique à mesure qu'augmente le nombre des cylindres successifs. Dans ce cas, en effet, la perte pendant l'échappement est presque nulle parce qu'elle n'a lieu qu'au dernier cylindre où la détente est presque nulle aussi.

Revenant alors à la machine projetée, qu'il suppose à quadruple expansion, M. Jouffray estime qu'on peut très légitimement admettre pour une telle machine l'utilisation de 60 0/0 de la puissance théorique de l'enveloppe au lieu de 48 0/0. Si, d'autre part, pour ne pas se leurrer, on compte sur 85 0/0 au lieu de 92 0/0 pour le rendement en travail de cette chaleur, on trouve que dans ces conditions la machine supposée donnerait :

Pleine pression.	46,022 cal.
Détente	29,700
Enveloppe.	78,144
Ensemble.	153,866 cal.

pour une dépense de 1 *kg* de vapeur directe, plus 0,194 *kg* d'eau condensée par les enveloppes.

Chaque kilogramme de dépense totale donnerait par suite 128,861 calories ou 54 765,92 *kg*.

Il faudrait donc, par cheval et par heure :

$$\frac{270\,000}{54\,765{,}92} = 4{,}930\,kg \text{ d'eau,}$$

ce qui suppose, pour une vaporisation de 8,300 *kg*, une dépense de 0,594 *kg* de charbon par cheval.

M. Jouffray estime qu'aux pressions dont il est question on peut atteindre des consommations inférieures à 0,600 en service. Il ne croit pas qu'on puisse descendre sensiblement au-dessous sans augmenter la température initiale. Là, le champ reste encore largement ouvert, grâce à l'emploi des huiles minérales et des garnitures métalliques. C'est, à ce point de vue, la chaudière qui est en retard sur la machine à vapeur.

On peut rendre sensible aux yeux l'économie à réaliser de ce chef en mettant le coefficient économique sous la forme

$$K = 1 - \frac{323}{T_0}$$

qui suppose la température de condensation constante à 50° centigrades, et en traçant avec T_0 pour abscisses et K pour ordonnées l'hyperbole que cette équation représente. On constate que les températures actuelles sont dans une région où la courbe est encore très rapidement ascendante. De 190° à 200°, il y aurait environ 5 0/0 à gagner.

M. D.-A. Casalonga fait remarquer que la machine à quadruple expansion qu'il a, sans le savoir, déterminé M. Jouffray à présenter, et au calcul de laquelle il a appliqué la nouvelle méthode calorifique, constitue un projet de constructeur; tandis que l'étude qu'il a eu l'honneur de présenter à la Société, et qui lui est effectivement personnelle, est purement physique.

De plus : autant pour que la question restât simple et claire, que pour ne pas sortir des conditions mêmes où s'était placé Clausius, lorsqu'il a déterminé le rendement théorique maximum de la machine à vapeur, M. Casalonga avait fait abstraction de toute cause nuisible ou efficiente, et notamment de l'action de l'enveloppe.

Or, il voit, dans la machine présentée par M. Jouffray, et dans les rendements qu'il a calculés, l'enveloppe de vapeur jouer un rôle très grand, trop grand même.

Il se gardera bien de contester le rôle de l'enveloppe ; tout au contraire ! On se rappelle, sans doute, ce qu'il en a dit, en trois mots; et il est heureux, sur ce point, de voir M. Jouffray renchérir, quoique avec excès, sur son opinion.

Seulement, M. Jouffray tire, des résultats qu'il a ainsi obtenus, une concordance avec ceux qui sont déduits du rapport de Clausius. Or, Clausius n'a fait intervenir en aucune manière l'enveloppe de vapeur, par la raison que cet organe ne figure pas dans le cycle de Carnot.

M. Casalonga remarque encore que M. Jouffray appuie les rendements considérables déduits de son étude, rendements qui s'élèvent jusqu'à 52 0/0, par des expériences soigneuses, qui auraient été faites par des Ingénieurs habiles, sur une machine à vapeur en marche. Un tel résultat a bien lieu de surprendre, alors que l'on peut être certain qu'un rendement *direct* qui dépasse 30 0/0 est nécessairement inexact.

Les résultats que M. Jouffray invoque ont été déduits, d'ailleurs, non pas d'expériences faites au frein, mais de diagrammes relevés à l'indicateur, lesquels indiquent toujours un rendement supérieur au rendement réel, puisque la courbe de détente se tient, non seulement à la hauteur de la courbe isothermique, correspondant à la loi de Mariotte, mais la dépasse souvent en dessus. Le diagramme conspire ainsi avec l'hyperbole équilatère pour surfaire le travail de détente.

M. D.-A. Casalonga voit M. Richard faire des signes de dénégation, et il lui entend dire que la courbe est de même forme, mais n'a pas la même signification. Sans doute. Il n'ignore pas, et, du reste, bien qu'après d'autres, lui et son collègue, M. R. Arnoux, le lui ont rappelé,

que Clausius par la théorie, Hirn par la pratique, ont établi que, pendant la détente, une partie de la vapeur se condense; d'où une réduction de volume. Mais la courbe n'en garde pas moins sa forme hyperbolique, la course se trouvant seulement réduite par ce fait que la pression inférieure est atteinte avant le degré normal de détente.

Cela n'empêche que la formule classique des aide-mémoire,

$$Tm = PV + PV \log' \frac{Z}{Zo}$$

est toujours en vigueur et ne montre aucun coefficient de correction.

En raison de l'objection qui lui a été faite, la seule qui lui ait paru avoir quelque fondement, au sujet de sa méthode de détermination du travail de détente, M. Casalonga a calculé, dans les conditions de pression où s'était placé Clausius, le rendement de la machine à vapeur d'après la formule

$$Tm = PV + PV \log' \frac{Z}{Zo},$$

et il a alors trouvé des résultats qui, contrairement aux résultats trouvés par M. Arnoux, infirment également ceux de Clausius, mais cette fois par excès.

Cependant, les corrections relatives à la condensation de la vapeur avaient été faites (1).

Ainsi, encore même qu'il fût reconnu que, par sa méthode de détermination, le travail de détente est trop faible, le rendement de la machine à vapeur, déduit du cofficient économique, ne se vérifierait pas.

M. A.-C. Salgués fait remarquer qu'en suivant rigoureusement l'évolution de la vapeur dans les machines à vapeur ordinaires, par une méthode de calcul calorifique analogue à celle qu'a employée M. Casalonga, on n'arrive pas à trouver de désaccord sensible entre le coefficient économique ainsi calculé et le coefficient $\frac{T_0 - T_1}{T_0}$, correspondant au cycle de Carnot.

Il suffit, pour cela, de tenir compte des condensations qui se produisent dans la détente adiabatique de la vapeur saturée. Ce point a été déjà mis en lumière par M. Arnoux, qui a même produit des chiffres démonstratifs à l'appui de son dire.

Voici le détail du calcul ainsi effectué, et dont le résultat est en accord presque absolu avec le coefficient $\frac{T_0 - T_1}{T_0}$.

Soit, par exemple, une machine idéale fonctionnant entre 5 atmosphères ($t_0 = 152°,22$) et 1/2 atmosphère ($t_1 = 81°,7$) et alimentée avec de l'eau à la température de l'échappement.

Si l'on suit les phases successives de l'évolution de 1 *kg* d'eau engagé dans cette machine, en chiffrant les quantités de chaleur absorbées ou perdues et correspondant à un travail extérieur, on obtient les résultats ci-après :

(1) Ces résultats sont : à	1,43 *at*^{res}	4,73 *at*^{res}	9,93 *at*^{res}
D'après la formule corrigée	0,200	0,290	0,350
D'après Clausius	0,149	0,217	0,258

I. — Le 1 *kg* d'eau, introduit dans la chaudière à la température initiale de 81°,7, est transformé en vapeur à $t_0 = 152°,22$ par la chaleur du foyer. Il absorbe pour cela :

Chauffage de l'eau de 81°,7 à 152°,22	71,724 cal.
Désagrégation de vaporisation	454,994 —
Expansion de la vapeur	44,192 —
TOTAL.	570,910 cal.

Ainsi la production de 1 *kg* de vapeur a pour effet d'incorporer dans la matière chauffée (eau, vapeur) 526,718 cal., et de transformer directement en travail extérieur de pleine pression 44,192 cal.

II. — La vapeur se détend de 152°,22 à 81°,7 en restant saturée, mais en se condensant partiellement. Il sort à l'échappement un mélange de 0,8768 *kg* de vapeur et de 0,1232 *kg* d'eau, qui, s'il avait fallu le produire en partant de l'état initial à 81°,7, eût nécessité la dépense d'une quantité de chaleur égale à :

Pour la vapeur.	0,8768	× 549,404	= 481,717 cal.
Pour l'eau.	0,1232	× 0	= 0 —
ENSEMBLE.			481,717 cal.

Dès lors, la chaleur qui a pu disparaître sous forme de travail extérieur est :

$$570,910 - 481,717 = 89,193 \text{ cal.}$$

III. — Les produits de l'échappement continuent leur évolution dans le condenseur, où s'effectue la condensation complète des 0,8768 *kg* de vapeur restante. Il se perd ainsi $0,8768 \times 549,404 = 481,717$ cal. dont 33,877 cal. correspondent au travail extérieur négatif de contraction de volume.

IV. — Enfin, le refoulement, dans la chaudière, de 1 *kg* d'eau condensée nécessite une dépense de chaleur de

$$\frac{1}{425} \times (51.670 - 5.167) \times 0,001 = 0,109 \text{ cal.}$$

En conséquence, le travail effectué, net, évalué sous forme de décompte calorifique, est, pour 1 *kg* d'eau :

$$44,192 + 89,193 - 33,877 - 0,109 = 99,399 \text{ cal.}$$

Le coefficient économique réel de la machine est dès lors

$$\frac{99,399}{570,910} = 0,174,$$

chiffre très peu différent de celui qui se déduit de la formule incriminée

$$\frac{T_0 - T_1}{T_0} = \frac{152,22 - 81,7}{152,22 + 273} = 0,166.$$

Ces deux coefficients sont presque identiques, mais le premier est légèrement supérieur au second. Cette différence en plus, pour si petite qu'elle soit, tendrait à infirmer le mode de calcul employé.

Mais il convient de tenir compte, à ce sujet, de ce que ce calcul est

basé sur l'emploi d'un facteur dont l'exactitude n'est pas certaine, savoir le degré d'humidité de la vapeur à la fin de la détente, chiffré plus haut à 0,8768. La détermination de ce chiffre résulte de l'application d'une formule obtenue en partant de considérations théoriques dignes de toute créance, mais qui n'a jamais été contrôlée par l'expérimentation directe. Il ne serait donc nullement impossible que ce facteur ainsi calculé ne fût pas rigoureusement exact.

Il suffirait, d'ailleurs, d'une bien petite variation de ce chiffre pour faire concorder les deux coefficients précités. Cette concordance serait réalisée avec un degré d'humidité 0,8848, qui ne diffère du précédent 0,8768, que de 0,008, soit de moins de 1 0/0.

C'est là une approximation qui peut être considérée comme très suffisante.

Il y a donc tout lieu d'admettre comme directement vérifié, que le calcul du rendement théorique par la formule $\frac{T_o - T_1}{T_o}$ est applicable à la machine à vapeur.

De là résulte cette conclusion importante que, contrairement à l'opinion émise par M. Casalonga, l'on ne doit pas se considérer, dans la recherche des améliorations à introduire dans la machine à vapeur, comme étroitement borné par la limitation du rendement maximum de ce genre de machine. Au contraire, le rendement des machines à vapeur actuelles pourra être encore notablement amélioré, si, persistant dans la voie suivie jusqu'ici, l'on parvient à réaliser les fortes détentes pour lesquelles le coefficient $\frac{T_o - T_1}{T_o}$ peut prendre des valeurs élevées.

M. Salgués ajoute que ce n'est pas seulement dans cette voie que peut être utilement étudiée l'amélioration de la machine à vapeur et, sans prétendre d'ailleurs qu'elles soient bien neuves, il présente à ce sujet les considérations suivantes :

Lorsque la vapeur reçoit, à l'admission, une quantité de chaleur Q_o, et que la machine peut transformer en travail extérieur la quantité de chaleur $Q_o - Q_1$, on dit généralement que le rendement de la machine est $\frac{Q_o - Q_1}{Q_o}$.

En d'autres termes, on rapporte le pourcentage du travail à la chaleur reçue par la vapeur d'admission, et l'on suppose, par cela même, que chaque fois qu'on produit le travail correspondant à $Q_o - Q_1$, on dépense effectivement une quantité de chaleur *neuve* égale à Q_o.

Or, c'est là une base d'évaluation purement conventionnelle et tout à fait arbitraire, qui, si elle est rationnelle au point de vue scientifique, peut ne pas répondre aux conditions spéciales de fonctionnement de certaines machines à vapeur.

A considérer les choses au point de vue pratique, industriel, le pourcentage de $Q_o - Q_1$ doit se faire, non par rapport à la chaleur Q_o reçue par la vapeur à l'admission, mais par rapport à la quantité de chaleur qui lui est fournie à l'état *neuf*, avec l'affectation spéciale de la production du travail. Ainsi s'obtient le rendement effectif de la machine.

Ainsi, par exemple, le pourcentage par rapport à Q_0 est exact quand il s'agit d'une machine ordinaire, fonctionnant d'une manière isolée, c'est-à-dire où la vapeur n'a pas d'autre affectation que la production du travail, et où, par suite, on dépense totalement Q_0 dans l'unique but de recueillir le travail correspondant à $Q_0 - Q_1$.

Mais ce mode de calcul cesse d'être exact, si l'on utilise, en dehors de la machine, tout ou partie de la chaleur Q_1 contenue dans les produits de l'échappement. Alors le rendement ne doit plus être évalué par rapport à Q_0, mais bien par rapport à $Q_0 - Q_2$, Q_2 étant égal à cette partie de la chaleur Q_1 utilisée en dehors de la machine, et par suite $Q_0 - Q_2$ étant la chaleur fournie *neuve* à la machine pour être exclusivement affectée à la production du travail. Dans ce cas, le rendement effectif est donc $\frac{Q_0 - Q_1}{Q_0 - Q_2}$ et non $\frac{Q_0 - Q_1}{Q_0}$.

Il en résulte que l'on peut améliorer le rendement effectif d'une machine à vapeur, et, ce qui revient au même, en diminuer la consommation de charbon par cheval-heure, en utilisant autant que possible, et d'ailleurs à quelques usages que ce soit, la chaleur non employée à la production du travail, c'est-à-dire celle de l'échappement. Plus Q_2 sera grand, plus le rendement effectif $\frac{Q_0 - Q_1}{Q_0 - Q_2}$ sera grand, — étant entendu que Q_2 est toujours $< Q_1$.

Si l'on pouvait utiliser toute la chaleur disponible à l'échappement, $(Q_2 - Q_1)$, le rendement serait de 100 0/0, ce qui est conforme au principe de l'équivalence.

Toute la question se réduit, dès lors, à annexer à la machine à vapeur un appareil qui permette d'en utiliser la chaleur d'échappement, et l'on voit tout l'intérêt qui s'y attache, puisqu'il ne s'agit de rien moins que de réduire, dans une proportion énorme, la dépense de combustible nécessaire à la production du travail.

Il existe, d'ailleurs, des installations de ce genre. Dans de nombreuses circonstances, on trouve des appareils de chauffage recevant la chaleur qui leur est nécessaire, de la vapeur d'échappement des machines voisines.

Cette combinaison ne peut être employée toutefois que dans les cas spéciaux et restreints où l'on trouve usage de la chaleur d'échappement. Il serait intéressant qu'on pût la généraliser dans les machines ordinaires, en réintégrant dans la chaudière la chaleur Q_1 pour la faire servir à la production de nouvelles quantités de vapeur motrice.

Jusqu'ici, malheureusement, on ne paraît être parvenu à le faire que d'une manière tout à fait incomplète, par l'emploi de réchauffeurs d'alimentation.

Un réchauffeur d'alimentation, chauffé par les produits de l'échappement, ne permet, en effet, de récupérer qu'une assez faible partie de la chaleur qu'ils contiennent. D'ailleurs, un tel appareil est inutile dans les machines à condensation, où l'alimentation peut se faire à la température de l'échappement.

Si, poussant les choses à l'extrême, on voulait se servir des produits

de l'échappement pour réchauffer l'air à brûler dans le foyer de la chaudière, on n'obtiendrait qu'un résultat peu important. En comptant environ 2 *kg* d'air à brûler pour produire 1 *kg* de vapeur, et en supposant que, dans la machine idéale étudiée précédemment, ces 2 *kg* d'air soient chauffés de 15° à 65° par les produits de l'échappement qui sont à 81°,7, on ne pourrait récupérer ainsi que $2 \times 50 \times 0,2375 = 23,75$ calories.

C'est une économie de $\frac{23,75}{570,910} = 4,15$ 0/0 seulement.

Après cette récupération, il resterait encore 481,717 — 23,75 = 457,967 calories non employées.

On peut se demander s'il ne serait pas possible d'envoyer ces 457,967 calories dans la chaudière à 152°,22, bien qu'elles soient contenues dans les produits de l'échappement à la température de 81°,7 seulement.

Serait-ce une utopie de penser que l'on puisse un jour réaliser pratiquement ce problème ?

Semblable transformation s'effectue pourtant dans les appareils mécaniques, et notamment dans les machineries hydrauliques, où le travail emmagasiné avec de faibles forces peut se restituer sous d'énormes efforts.

Semblable transformation s'effectue aussi dans les appareils électriques qui reçoivent l'énergie à basse tension et la restituent à haut potentiel.

Une machine à vapeur qui serait pourvue d'un organe annexe fonctionnant comme transformateur à haute température de sa chaleur d'échappement, recevrait de cette adjonction un accroissement énorme de son rendement.

M. Salguès émet l'idée que c'est vers cette direction que devraient être notamment dirigées les recherches d'amélioration de la machine à vapeur. Et pour faire mieux ressortir le bien fondé de cette conclusion, il rappelle que, en chiffres ronds, dans les machines actuelles, sur 100 calories dégagées dans la chaudière par la combustion du charbon, 60 environ seulement passent dans la vapeur. Sur ces 60 calories, 15 à 20 0/0 suivant les cas, soit environ 10 calories, sont susceptibles d'être transformées en travail. Les 50 calories restantes se perdent à l'échappement.

Dans ces conditions, que l'on cherche à réduire le plus possible, dans la chaudière, la perte des 40 calories 0/0 correspondantes, — que l'on poursuive, dans la machine elle-même, les meilleures conditions de transformation en travail des 10 calories 0/0 disponibles à cet effet, — ce sont là, incontestablement, des champs d'étude féconds. Mais le but vers lequel devraient être le plus attentivement orientées les recherches, c'est l'utilisation des 50 calories 0/0 perdues à l'échappement.

M. le Président remercie MM. C. Jouffray et Salguès de leurs communications et demande tout spécialement à M. G. Richard de bien vouloir faire à la Société un exposé complémentaire de celui qu'il a fait à la séance du 19 juin dernier sur *le Maximum théorique du rendement direct des machines à vapeur*.

M. Gustave Richard. — Messieurs, invité d'une façon si gracieuse par

notre Président, vous m'excuserez peut-être de prendre encore une fois la parole sur un sujet qui me semble avoir été très suffisamment discuté dans les séances précédentes.

Je commencerai par exprimer le regret très sincère de ne pas avoir réussi à convaincre notre éminent collègue, M. Casalonga ; je suis véritablement peiné de voir un esprit aussi distingué, un travailleur aussi convaincu persister dans une voie que, à tort ou à raison, je crois fausse.

Ce regret exprimé, je vous demanderai la permission de dire un mot sur les températures absolues.

Je crois, en effet, que ce qui domine et agit au fond de toutes les objections présentées par M. Casalonga, c'est une méfiance très caractérisée de la notion des températures absolues. Je ne vais pas essayer, ce qui serait probablement impossible, de vous démontrer l'existence réelle d'un zéro absolu à — 273° : je tenterai seulement d'enlever à la notion des températures absolues un peu du caractère abstrait et purement algébrique sous lequel elle se présente parfois dans les traités de thermodynamique ; car j'estime que c'est à cette forme de présentation que l'on doit attribuer en grande partie la méfiance que cette notion suggère dans beaucoup d'esprits.

Il y a plusieurs manières d'envisager la notion des températures absolues.

Si l'on part de la loi de Gay-Lussac, qui s'exprime, comme vous le savez, par la formule $V = V_0 (1 + \alpha t)$, on arrive à la conclusion que, pour $t = -\frac{1}{\alpha} = -273°$ le volume V d'un gaz parfait s'annule, c'est-à-dire, à une conclusion absolument inadmissible.

On peut, en effet, imaginer sur la nature des gaz toutes sortes d'hypothèses, mais sans jamais en arriver à admettre, qu'à une température quelconque, le volume d'un gaz se réduise à zéro, ce qui constituerait une conclusion contraire au fait universellement constaté de la conservation de la matière. Et je conçois très bien, qu'amené à une pareille inconséquence, l'on relègue volontiers ce zéro absolu de — 273 dans le domaine de l'imaginaire ou de l'inconcevable.

Mais, fort heureusement, cette inconséquence n'est qu'apparente : elle seule est imaginaire ; car ce résultat inadmissible, d'une annulation du volume des gaz parfaits à — 273°, provient uniquement de l'habitude que l'on a d'exprimer la loi de Gay-Lussac d'une façon théoriquement inexacte. On l'écrit toujours, comme je l'ai énoncée tout à l'heure, sous la forme $V = V_0 (1 + at)$; c'est une formule très suffisamment exacte pour la pratique ; mais, rigoureusement, ce n'est pas comme cela qu'il faut écrire la loi de Gay-Lussac. C'est là un énoncé rationnellement inadmissible de cette loi, même pour les gaz parfaits. Je vais essayer de vous le faire saisir par une considération très simple.

On ne sait pas au fond ce que c'est qu'un gaz, mais on est bien obligé, si l'on veut se faire une image de ce que pourrait être un gaz, de considérer le volume apparent d'un gaz parfait, celui qu'il occuperait dans une éprouvette, par exemple, comme constitué par la somme de deux volumes : le volume occupé par les atomes mêmes ou par la matière irré-

ductible du gaz, et le volume dans lequel circulent ces atomes. L'atome est irréductible, il ne peut ni se dilater par la chaleur ni se contracter par le froid ; il s'agit, bien entendu, non pas de l'atome des métaphysiciens, mais de celui des physiciens, c'est-à-dire de la matière réduite à ce degré de divisibilité qu'elle ne semble pas pouvoir dépasser sous les forces actuellement en jeu dans la nature. On peut appeler le premier de ces volumes *volume atomique*, sans le confondre, remarquons-le, avec le volume atomique des chimistes, et le second, *volume interatomique*.

Éclairés par cette considération élémentaire, voyons ce qui se passe lorsque l'on soumet un gaz à des variations de température. Le volume atomique v ne change pas : il est immuable ; et, ce qui varie, ce n'est que le volume interatomique $(V - v)$ du gaz, qui se confond à nos yeux, et, sans inconvénient aucun, dans les formules usuelles, avec son volume apparent V, en raison de l'extrême petitesse du volume atomique v.

Il n'en est pas moins vrai que, dans le domaine de la théorie pure ou de l'absolu, dans lequel nous raisonnons en ce moment, la loi de Gay-Lussac doit s'écrire non pas sous sa forme habituelle $V = V_0 (1 + at)$, mais sous la forme rectifiée $V = (V_0 - v)(1 + at) + v$.

Que devient, avec cette nouvelle expression de la loi de Gay-Lussac, le gaz parfait à — 273° ? Il ne s'annule plus ; mais son volume total V se réduit alors à son volume atomique.

Vous voyez que cette considération d'un gaz parfait à — 273°, qui, tout à l'heure, et en partant de l'énoncé usuel mais incomplet de la loi de Gay-Lussac, nous amenait à une impossibilité, n'aboutit plus maintenant qu'à un résultat, encore hypothétique sans doute, mais tout au moins concevable et susceptible d'une interprétation physique parfaitement admissible.

On peut donc, en partant de l'énoncé rectifié de la loi de Gay-Lnssac, considérer la température de — 273° comme celle à laquelle un gaz parfait se réduirait à son volume atomique.

Dans la réalité, que se passe-t-il aux environs de — 273° ? Nous ne le savons pas, et nous devons être très réservés à ce sujet.

Nous savons parfaitement qu'avant les découvertes de Sainte-Claire Deville sur les phénomènes de dissociation, on n'avait pas la moindre idée de ce qui se passe aux températures de 2 500° et au-dessus ; et rien ne nous dit qu'il ne se produirait pas aux très basses températures des phénomènes absolument inimaginables dans l'état actuel de nos connaissances.

Nous pouvons néanmoins — et cette réserve faite — essayer de prévoir, non pas ce que seraient les gaz réels aux environs de — 273°, mais ce qu'ils ne seraient pas. Or, nous savons que les gaz ne passent pas brusquement de l'état gazeux à leur volume atomique : ils commencent par passer à l'état de vapeur saturée, puis à l'état liquide, puis à l'état solide, et cela avec un coefficient de dilatation α continuellement décroissant ; de sorte que, dans la nature, les gaz ne se réduiraient probablement pas à leur volume atomique sous la température de — 273°. Cela tient à ce que la constitution moléculaire des gaz réels est différente de celle des gaz parfaits de la thermo-dynamique. Les atomes des gaz

parfaits ne sont soumis, par hypothèse, à aucune force d'attraction ou de répulsion moléculaires. C'est ce que l'on exprime, sous une autre forme, en disant que le travail interne des gaz parfaits est rigoureusement nul. Leurs atomes ne sont maintenus écartés que par l'action seule de la chaleur ; action qu'il suffit, par conséquent, d'annuler pour réduire le gaz parfait à son volume atomique. Dans les gaz réels, au contraire, les forces moléculaires agissent ; elles se manifestent, dans leurs variations de volume, par un *travail interne* d'autant plus considérable que ces gaz se rapprochent plus de l'état de vapeur, et il faut, pour les ramener au volume atomique, non seulement y annuler tout effet de la chaleur, mais aussi triompher de ces forces moléculaires croissant, comme nous l'avons vu, avec $\frac{1}{x}$, à mesure que le gaz passe de l'état gazeux à l'état de vapeur, puis au liquide et au solide, pour atteindre des intensités peut-être infiniment grandes.

Vous voyez que, dans l'ordre d'idées que je viens d'exposer, la température de — 273° ne se présente pas nettement comme la plus basse que l'on puisse concevoir. On peut l'admettre comme le zéro d'une échelle thermométrique théoriquement définie par la considération du volume atomique des gaz parfaits, mais ce n'est pas encore le *zéro absolu*.

Faisons un pas de plus et voyons pourquoi l'on considère souvent cette température de — 273° comme le zéro absolu. Il y a pour cela plusieurs raisons ; en voici l'une des plus accessibles :

Au lieu de partir de la loi de Gay-Lussac ou de la considération d'un gaz variant de températures sous une pression constante, considérons un gaz parfait renfermé dans une enceinte indéformable : à mesure que nous abaisserons sa température, la pression va diminuer. Que signifie cette diminution de pression dans un gaz parfait, dont le travail interne est nul, par définition ?

On a fait sur la nature de la chaleur bien des suppositions ; mais elles peuvent se ramener à deux hypothèses générales : l'hypothèse cynétique et l'hypothèse dynamique. Dans la première, on considère la chaleur comme un mode de mouvement des atomes des corps ; dans la seconde, on la considère comme une force, une entité dynamique particulière ; mais, dans les deux hypothèses, lorsqu'on considère un corps dont le travail interne est nul, un gaz parfait, la température ne semble guère pouvoir être envisagée que comme l'expression de l'intensité soit du mouvement, soit de la force calorifiques. D'autre part, dans un gaz parfait, les pressions sont proportionnelles aux températures : c'est dire que, dans un gaz parfait, la pression représente à chaque instant la quantité de chaleur qu'il renferme, quelque hypothèse que l'on fasse sur la nature de la chaleur.

Eh bien, à — 273°, que devient la pression p_0 de notre gaz parfait renfermé dans son enceinte invariable ? Vous savez qu'elle s'annule en vertu de la formule

$$p_0 = p\,\frac{V - v}{V_0 - v},$$

puisque le volume V_0 s'y trouve réduit au volume atomique v ; et l'on en

conclut, d'après ce qui précède, qu'à la température de — 273°, un gaz parfait aurait perdu complètement sa chaleur.

Que se passerait-t-il, dans notre récipient invariable, pour les gaz réels, qui ne sont pas parfaits ? En portant les températures comme abscisses et les pressions comme ordonnées, le diagramme d'un gaz parfait serait, comme nous venons de le voir, une droite qui couperait l'axe des températures à — 273°; mais, pour un gaz réel, ce ne serait pas une droite : ce serait une courbe asymptote à la droite du gaz parfait et qui viendrait, autant qu'on peut le prévoir, couper l'axe des températures bien avant — 273°; et il en serait probablement de même de tous les autres corps. Cela veut dire que, dans les autres corps, la pression s'annulerait et la chaleur disparaîtrait avant — 273° ; ou, sous une autre forme, qu'aucun corps ne saurait — même les gaz parfaits — descendre à une température inférieure à — 273°.

Dans cet ordre d'idées, à partir d'une certaine température limite — de — 273° pour les gaz parfaits et moins basse pour les autres corps — la matière ayant perdu toute sa chaleur, l'écartement des atomes n'est plus fonction que des forces moléculaires seules, nulles dans un gaz parfait, — qui se trouve, en conséquence, réduit à — 273° au volume atomique, — encore agissantes dans les autres corps, qui n'atteignent pas leur volume atomique à — 273°.

Telle est l'une des considérations qui ont amené beaucoup d'auteurs à déclarer que cette température de — 273° était la température la plus basse à laquelle un corps puisse s'abaisser, c'est-à-dire, un zéro absolu.

Je n'ai voulu, en vous exposant cette interprétation du zéro absolu, que vous montrer comment cette notion peut revêtir, en se plaçant dans des hypothèses après tout admissibles, une signification physique, visible aux yeux de l'esprit; mais j'insiste de nouveau sur ce que, dans la démonstration du cycle de Carnot, la notion du zéro absolu n'intervient pas.

Il n'y figure pas autre chose qu'une fonction algébrique telle, qu'en divisant par sa valeur numérique la chute de température du cycle de Carnot, on obtient la valeur numérique du rendement de ce cycle. Que l'on admette ou non le zéro absolu, qu'on le considère comme une conception logique ou comme une abstraction imaginaire, cela ne touche donc en rien à l'exactitude des formules de thermo-dynamique, que l'emploi de la fonction $t + \frac{1}{\alpha}$ permet d'établir avec tant de simplicité, et dont les résultats ont toujours été vérifiés par l'expérience, autant qu'il a été possible d'y atteindre. C'est, comme vous le savez, le cas des gaz et des vapeurs, pour des températures même bien éloignées des limites entre lesquelles nos moteurs thermiques peuvent fonctionner pratiquement.

Messieurs, tout ce que je viens de vous dire m'amène, — et c'est ici sans doute le point le plus utile de ma communication, — à recommander à ceux d'entre vous qui s'occupent spécialement de thermo-dynamique un ouvrage que l'on doit considérer comme l'une des gloires de notre littérature d'Ingénieurs. Les idées que je viens d'exposer devant vous ne me sont pas personnelles ; vous les trouverez en grande partie

développées, avec une clarté lumineuse et une profondeur admirable, dans le second volume de la *Théorie mécanique de la chaleur* de Hirn. M. Hirn était, comme vous le savez, un expérimentateur hors ligne, un grand praticien, mais c'était aussi un grand savant. Il n'a pas hésité à compléter l'exposé des principes fondamentaux de la thermo-dynamique et de leurs applications par la discussion philosophique de ces principes, et il y a consacré les deux tiers du second volume de son admirable ouvrage Je me permettrai d'assurer, à ceux d'entre vous qui auraient pu être un peu rebutés par les titres des chapitres de cette partie de l'œuvre de Hirn, qu'ils trouveront à les lire non seulement un grand profit, mais aussi un véritable plaisir ; et j'espère même qu'ils voudront bien, après cette lecture, et en se rappelant qu'ils me la doivent en partie, me pardonner le mauvais quart d'heure que je viens de leur faire passer dans une des régions les plus arides de la thermo-dynamique.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. G. Richard de sa communication si claire et si précise et donne la parole à M. D.-A. Casalonga.

M. D.-A CASALONGA remercie tout d'abord M. Richard pour les paroles aimables qu'il a bien voulu mêler à sa critique. Il partage avec lui les regrets que lui cause leur désaccord ; et il regrette infiniment de devoir renoncer à le gagner à ses idées, dans lesquelles il persiste. A moins d'une inspiration heureuse, il mourra donc dans l'impénitence finale.

M. Casalonga connaît trop bien le caractère de son distingué collègue pour croire qu'il puisse jamais mettre une mauvaise intention dans ses critiques. Nous cherchons tous, dit-il, de la meilleure foi du monde, à nous éclairer mutuellement.

Ainsi, au sujet du zéro absolu, en écoutant avec un grand plaisir M. Richard, il lui semblait qu'ils n'avaient jamais été mieux d'accord.

M. CASALONGA n'a jamais eu la méfiance, à l'égard du zéro absolu et des températures absolues, que lui suppose son collègue. On se rappelle encore, sans doute, qu'il en a entrepris la justification et la réhabilitation vis-à-vis de M. de Bruignac, et qu'il n'a pas admis que l'on pût traiter d'imaginaire cette quantité physique qui a une valeur réelle autant qu'une réelle utilité.

Il pense seulement que certaines considérations relatives à ce zéro sont mal fondées ; et, par exemple, il n'admet pas que l'on puisse en avoir une notion exacte pas plus que de la valeur des températures absolues, en se fondant, comme le fait M. Richard, sur la loi de Gay-Lussac.

Chacun sait, M. Richard mieux que personne, que l'évolution calorifique qui s'effectue suivant cette loi s'accomplit dans un corps *variable*, dans le seul sens ascendant, avec transformation, en travail, d'une partie connue de la chaleur incorporée, l'autre partie suppléant au travail interne correspondant ; car il y a, contrairement à l'opinion de M. Richard, qui est, M. Casalonga le sait, l'opinion générale, un travail interne même dans les gaz parfaits.

Or, le zéro absolu à 274° au-dessous du zéro centigrade, ne peut se déduire qu'en se fondant sur l'évolution calorifique s'effectuant au sein d'une masse gazeuse à volume constant, en perdant $\frac{1}{274}$ de sa pression

par chaque degré de sa température, jusqu'à ce que l'on atteigne ce point critique, où le volume est considérablement réduit par liquéfaction, et où la pression devient nulle.

Revenant ensuite au rapport $\frac{Q_o - Q_1}{Q_o}$ écrit au tableau par le collègue qui a précédé M. Richard, M. Casalonga demande à compléter l'égalité connue en écrivant :

$$\frac{Q_o - Q_1}{Q_o} = \frac{t_o - t_1}{t_o},$$

t_o et t_1 étant des températures centigrades, puisque les quantités de chaleur Q_o et Q_1 sont comptées à partir du zéro centigrade.

M. Richard, niant que cette égalité puisse s'écrire, et disant d'autre part que l'échelle des températures est indifférente, M. Casalonga, sans insister sur cette manière de voir que cependant il ne partage pas, demande s'il ne lui est pas au moins permis d'écrire :

$$\frac{Q_o - Q_1}{Q_o} = \frac{T_o - T_1}{T_o} \text{ égalité tirée de } \frac{Q_o}{Q_1} = \frac{T_o}{T_1}.$$

Ce à quoi M. Richard accède ; et M. Casalonga demande alors à remplacer des quantités algébriques par leurs valeurs numériques tirées de l'observation ; l'on remarque ainsi que l'égalité ne peut subsister, et cela que le rapport soit : $\frac{t_o - t_1}{t_o}$ ou $\frac{T_o - T_1}{T_o}$.

M. D.-A. Casalonga s'excuse pour son insistance ; mais, en répondant aux nouvelles objections de M. Richard, il lui semble voir que la question n'est plus bien posée.

Il s'est appliqué à démontrer que le cycle de Carnot, dont Clausius a tiré un rapport simple, à l'aide duquel il a prétendu déterminer le rendement maximum de la machine à vapeur idéale, dans trois cas précis, n'était pas applicable à cette détermination. En effet, ce rendement est trop fort vis-à-vis de la méthode calorifique inaugurée par M. Casalonga : il est trop faible vis-à-vis de la méthode théorique classique.

M. Richard semble aujourd'hui être du même avis et considérer le cycle de Carnot comme un simple point de comparaison.

Si M. Richard maintient que, dans la machine à vapeur, il n'y a pas d'adiabatique, — en réalité la détente théorique l'est pourtant, — et si, pour d'autres causes encore, les déductions du cycle de Carnot ne sont pas applicables à cette machine, alors la discussion sort de sa base fondamentale et perd une partie de son intérêt.

Cependant, assez souvent, et tout récemment encore, M. Casalonga a pu voir des auteurs de grand savoir, à propos de la machine à vapeur, et pour lui appliquer les bons principes de la thermo-dynamique, invoquer le cycle de Carnot et montrer que le travail, dans cette machine, se déduit de la relation $(Q_o - Q_1)$ 425.

Q_0 et Q_1, quantités de chaleur contenues dans la vapeur avant et après la détente, étant dans le rapport :

$$\frac{Q_0}{Q_1} = \frac{T_0}{T_1},$$

ce qui, dans le cas d'une vapeur à 4,73 atmosphères, avec 50° au condenseur, donne, en remplaçant Q_0, Q_1, T_0, T_1 par leurs valeurs numériques :

$$\frac{652}{622} = \frac{274 + 150}{274 + 50} = \frac{424}{324},$$

égalité qui ne peut subsister, dût-on faire subir à Q_1 une très forte réduction, en raison de la condensation, ainsi qu'on vient de le faire tout à l'heure.

Ce soir encore, deux de nos collègues n'ont-ils pas cherché, par des moyens à la vérité bien différents entre eux, à justifier l'application du cycle de Carnot à la machine à vapeur?

Le cycle de Carnot, à supposer qu'il eût été bien analysé, et M. Casalonga ne le pense pas encore, ne pourrait être appliqué qu'aux évolutions qui s'accomplissent au sein des gaz permanents et non pas aux vapeurs saturées agissant comme elles le font dans les machines actuelles, où le phénomène de la chaleur latente intervient. Et cela, toute question de rendement à part.

M. LE PRÉSIDENT remercie les divers membres qui ont pris part à cette discussion et dit que la question semble être absolument élucidée. En conséquence, la discussion est close.

La séance est levée à dix heures trois quarts.

Séance supplémentaire du 24 juillet 1891.

PRÉSIDENCE DE M. E. POLONCEAU

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. CLAUDIUS JOUFFRAY, au sujet de la séance précédente, dit que, dans sa réponse, insérée au procès-verbal de cette séance, M. Casalonga lui prête une grosse erreur qu'il n'a pas commise. D'après M. Casalonga, M. C. Jouffray aurait annoncé, pour la machine qu'il étudiait, un rendement de 52 0/0 ; en réalité, M. Jouffray a établi que la fraction du travail due à la condensation intérieure et à la chaleur d'enveloppe était les 0,52 du travail total. M. Casalonga a confondu ce chiffre avec celui du rendement thermique de la machine.

M. DE LAHARPE désire faire remarquer que dans la discussion du travail de M. Casalonga, il a été plusieurs fois question de la formule qu'on emploie généralement pour calculer le travail d'un piston.

M. de Laharpe voudrait faire ressortir que cette formule a été établie en considérant la vapeur comme un gaz parfait et à une température constante, ce qui est absolument le contraire de la réalité, puisque la vapeur est très proche de son point de saturation et qu'elle se détend en décroissant de température ; par conséquent, on ne doit pas se baser sur cette formule autrement que pour dire que, appliquée d'une façon particulière, elle donne des résultats acceptables.

C'est une formule absolument empirique ; elle a l'avantage de donner des résultats un peu forts, ce qui pour les constructeurs est plutôt avantageux. Mais il faut se garder d'en tirer autre chose que la valeur du travail, et ne pas l'introduire, comme on l'a fait imprudemment l'autre jour, dans les calculs se rapportant à la dépense de chaleur.

Sous réserve de cette rectification, le procès-verbal de la séance précédente est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer les décorations suivantes :

Ont été nommés :

Officier de l'Instruction publique : M. J.-L. Henrivaux ;

Officiers d'Académie : MM. E.-J. Coutelier, Th.-A. Leprou et H.-J. Delaunay.

Il est donné lecture d'une lettre de M. J. Fleury, informant la Société qu'une réunion privée, organisée par le Comité de défense de l'alimentation nationale, aura lieu le dimanche 26 juillet, à deux heures, 247, rue Saint-Honoré. Des cartes d'invitation sont mises à la disposition des membres de la Société et déposées au Secrétariat.

Il est donné lecture d'une lettre de M. J. GAUDRY, ainsi conçue :

« MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

» Au procès-verbal de la séance du 3 juillet, à laquelle j'ai eu le » regret de ne pouvoir pas plus assister qu'à celle d'aujourd'hui, M. de » Coëne a *protesté* contre mon dire, au sujet du peu d'emploi de l'outillage mécanique dans nos ports français. Malgré la haute autorité de » M. de Coëne, dont nous admirons tous la persévérance et les plans de » perfectionnement des ports, je suis obligé, pour les intérêts de la marine, de confirmer mon dire, ce qui ne signifie, certes, pas que M. de » Coëne poursuit une tâche inutile et vaine.

» Je vois trop souvent dans nos ports leur outillage inactif et délaissé, » comme ces bassins creusés partout à la fois à coups de millions, et où » on n'aperçoit pas tous les jours *un navire*, exemple : Saint-Nazaire, » Dieppe, Calais. A quoi cela tient-il ? L'outillage de nos ports est-il » défectueux ? Non : c'est le même que celui des étrangers. Est-il mal » installé ? Oui, quelquefois, témoins les bigues à mâter du Havre, » dont deux sont inabordables ; et le slip-way de Dunkerque, exposé à » tous vents, au risque du renversement des navires (c'est arrivé), au » lieu d'être, comme à Gênes, enclavé entre les hauts bâtiments des » docks, où le navire est abrité comme en cale sèche.

» Mais la machinerie désolante de nos ports, que je recommande au » courage de M. de Coëne et à toute la sollicitude de la Société des In- » génieurs, c'est ce qu'on appelle la machine administrative et bureau- » cratique dont il faut subir les complications et les raideurs de rouages » avant de pouvoir se servir du moindre outil. Et les tarifs ! Et les rè- » glements de la Chambre de commerce !

» Interrogez un nombre suffisant d'officiers de bord, ils vous répon- » dront, comme ils me l'ont dit et prouvé cent fois, qu'avant d'avoir » couru tous les bureaux, donné toutes les signatures et acquitté toutes » les taxes, ils ont achevé leurs manutentions avec leur personnel et » leurs treuils de pont, pour lesquels ils ont eu soin de laisser leur va- » peur en demi-pression.

» Aussi, c'est un fait que l'outillage des quais de nos ports est princi- » palement utilisé par les navires qui ont tout leur temps et qui man- » quent des engins mécaniques dont sont aujourd'hui pourvus même » les voiliers perfectionnés. C'est quelque chose, assurément.

» Mais les navires à courte escale, comme les paquebots anglais et » hambourgeois, qui ne passent au Havre que l'espace d'une marée, » font eux-mêmes toutes leurs manutentions avec leurs propres moyens » et sont les premiers à tenir le langage ci-dessus sur le système admi- » nistratif de nos ports français, le plus honnête qui existe, mais le » moins libéral et le plus formaliste.

» Il en est de même de nos grandes Compagnies, qui, pour les mêmes » raisons (pour les tarifs surtout), se servent le moins possible de l'ou- » tillage public des ports. Aussi n'y sont-elles pas toujours sympathiques, » malgré l'immense mouvement qu'elles apportent, et on les accuse de » ne pas faire *aller le commerce du port*. Ce n'est pas un secret qu'elles » ont étudié l'opportunité d'aller en moindres localités prendre leurs » libres et tranquilles installations personnelles. Car M. de Coëne l'a » fort bien dit : la loi de l'exploitation maritime actuelle, c'est de faire » séjourner le navire le moins possible aux ports ; nos transatlantiques » restent trois jours à New-York, à peine huit jours au Havre et pas » toujours six heures à Marseille.

» L'outillage qui, pour une raison quelconque, ne peut pas se prêter » à cette activité et aux premiers besoins, n'est donc pas en travail per- » pétuel, comme les Armstrong de Londres et d'Anvers. Voilà tout ce » que j'ai voulu dire.

» M. de Coëne veut multiplier l'outillage naval ; il a raison et nul ne » dit mieux que lui, qu'à son défaut, il n'y a pas d'exploitation mari- » time possible à côté des concurrences anglaises, allemandes et même » italiennes. Mais qu'il lui ôte d'abord tous ses *freins* administratifs ; » alors seulement il aura créé l'outillage naval, et on le portera en » triomphe dans tous les ports. Si la Société des Ingénieurs peut faire » entendre aussi sur ce perfectionnement de la machine administrative, » de temps à autre, son petit coup de tocsin, elle méritera bien des in- » dustries maritimes qui semblent lui être devenues très à cœur.

» Recevez, etc. »

M. le Président annonce la présence à la séance de M. Corthell,

membre de notre Société et président du comité exécutif nommé par le comité général d'organisation du Congrès du génie civil qui se tiendra à Chicago en 1893.

La Société a pu apprécier pendant l'Exposition de 1889 les excellentes relations qu'elle a eues avec nos visiteurs américains et elle est très heureuse de voir assister à la séance de ce soir M. Corthell.

M. Corthell *(s'exprimant en anglais traduit par M. Coignet)* remercie M. le Président de l'accueil qu'il reçoit. Il est très heureux d'être venu à la Société ce soir et de pouvoir prendre part à la séance; il espère que ses affaires lui permettront de revenir à Paris et de prendre une part plus active aux travaux de la Société. Il ajoute qu'il est à la disposition de la Société pour lui servir de correspondant dans le nord-ouest de l'Amérique.

M. le Président dit que la Société ne peut qu'accepter avec plaisir la proposition de M. Corthell, et elle sera heureuse de recevoir tous les documents qu'il voudra bien lui adresser.

M. Corthell désire ajouter quelques mots et dire qu'il a eu occasion, comme président du comité exécutif du Congrès qui doit se tenir en 1893 à Chicago, d'inviter la Société des Ingénieurs civils de France et d'autres Sociétés. Il espère voir à ce Congrès un grand nombre d'Ingénieurs civils français. Ils peuvent être certains de trouver, à Chicago, l'accueil le plus chaleureux et tout le confort possible dans les installations qui seront faites dans ce but.

M. Coignet fait connaître à M. Corthell qu'il a été donné connaissance de sa lettre d'invitation dans la séance du 3 juillet dernier.

M. le Président donne la parole à M. F. Chaudy pour présenter un résumé de son travail sur des *Méthodes nouvelles de calcul de différentes poutres*.

M. Chaudy commence par faire ressortir qu'il est très important d'avoir à sa disposition, pour pouvoir calculer les diverses constructions qu'on peut avoir à ériger, des méthodes de calcul à la fois rapides à appliquer et exactes. En ce qui concerne le calcul d'une poutre armée, c'est-à-dire d'une poutre rigide réunie par des tiges verticales ou contrefiches à un câble inférieur dont les extrémités sont fixées aux extrémités de la poutre, la méthode qui consiste à faire abstraction de la rigidité de la poutre, en supposant celle-ci coupée au droit des tiges verticales qui s'appuient sur le câble, est sans doute rapide mais assurément peu exacte. La méthode nouvelle que propose M. Chaudy tient compte de la rigidité de la poutre et, grâce à l'emploi du calcul graphique, cette méthode est très rapide à appliquer. Elle consiste essentiellement à déterminer la tension du câble sous l'action des charges appliquées sur la poutre. Cette tension une fois connue, on en déduit facilement les réactions des contrefiches et, par suite, les moments fléchissants produits dans la poutre rigide. La tension inconnue du câble s'obtient en écrivant que l'allongement de celui-ci, exprimé en fonction de sa tension x, de sa longueur L, de sa section ω et de l'élasticité E de la matière dont il est

composé, soit $\frac{x\,L}{E\omega}$, est égal à l'expression de cet allongement déduite des déplacements élastiques verticaux des points du système où sont placées les contrefiches. Le calcul graphique de ces déplacements se fait très rapidement et l'équation en x à résoudre est de la forme :

$$\frac{x\,L}{E\omega} = \left(v_1 - \frac{v'_1 x}{t}\right)\cos\alpha_1 + \left[\left(v_2 - \frac{v'_2 x}{t}\right) - \left(v_1 - \frac{v'_1 x}{t}\right)\right]\cos\alpha_2 + \ldots.$$

M. Chaudy fait remarquer que la méthode de calcul des poutres armées qu'il vient d'indiquer très sommairement est applicable au calcul des ponts suspendus à tablier rigide. Il n'y a de différence que dans la nature de l'inconnue. Dans un pont suspendu à tablier rigide, la tension du câble n'est pas constante. M. Chaudy prend pour inconnue la tension des brins extrêmes. De cette tension, calculée par la méthode précédente, toutes les autres inconnues se déduisent immédiatement.

Dans une autre partie de son mémoire, M. Chaudy expose une nouvelle méthode de calcul des poutres continues basée sur la formule du travail de flexion :

$$\mathfrak{T} = \frac{P_o F_o + P_1 F_1 + P_2 F_2 + \ldots.. + P_m F_m}{2}$$

dans laquelle P_o, P_1, P_2 ..... P_m désignent les charges appliquées sur la poutre, et F_o, F_1, F_2 ..... F_m représentent les déplacements élastiques des points d'application de ces charges, déplacements estimés suivant la direction de celles-ci.

Soit $A_o A_1 A_2$ ..... A_n une poutre continue droite posée sur $n+1$ appuis de niveau ou non. Soient P_o, P_1, ... P_m les charges, et R_o, R_1 ..... R_n les réactions des appuis que nous nous proposons de calculer. Pour cela, on dispose déjà de deux équations d'équilibre : l'équation de projection et l'équation de moments. Il faut trouver encore $n-1$ autres équations pour pouvoir résoudre le problème.

Supposons la poutre posée sur les deux appuis A_h A_k. Elle fléchit sous l'action des forces P et on peut graphiquement déterminer avec rapidité, d'une part les flèches F_1 F_2.....F_m produites aux points d'application des forces P_o P_1.....P_m, d'autre part les flèches f_1 f_2..... produites aux points $A_1, A_2 \ldots A_{h-1}, A_{h+1} \ldots A_{k-1}, A_{k+1} \ldots A_n$. Le travail des forces intérieures est ici :

$$(1) \qquad \mathfrak{T}_1 = \frac{P_o F_o + P_1 F_1 + \ldots\ldots + P_m F_m}{2}.$$

En appliquant maintenant sur la poutre les réactions inconnues $R_o R_1 \ldots\ldots R_n$, celle-ci viendra se reposer sur ses $n+1$ appuis. Or il se produit ici un travail de forces intérieures qui a pour expression :

$$(2) \qquad \mathfrak{T}_2 = \frac{R_o f_o + R_1 f_1 + \ldots\ldots + R_n f_n}{2} + P_o F'_o + P_1 F'_1 + \ldots\ldots + P_m F'_m,$$

en désignant par F'_o, F'_1 ..... F'_m les déplacements des points d'application des forces P en grandeur et en signe produits dans cette deuxième période.

Ajoutons membre à membre les équations (1) et (2) en remarquant que l'on a pour l'expression du travail $\mathfrak{T}$ des forces intérieures dans la poutre continue :

$$(3)\quad \mathfrak{T} = \mathfrak{T}_1 + \mathfrak{T}_2 = \frac{P_0 F_0 + \ldots\ldots + P_m F_m}{2} + \frac{P_0 F'_0 + \ldots\ldots + P_m F'_m}{2}.$$

Il vient :

$$(4)\quad \mathfrak{T} = \mathfrak{T} + \frac{R_1 f_1 + \ldots\ldots + R_n f_n}{2} + \frac{P_0 F'_0 + \ldots\ldots + P_m F'_m}{2}.$$

De ces équations (3) et (4) on tire immédiatement :

$$(5)\qquad \mathfrak{T} = \frac{P_0 F_0 + \ldots\ldots + P_m F_m}{2} - \frac{R_1 f_1 + \ldots\ldots + R_n f_n}{2}.$$

On écrira autant d'équations (5) qu'il y a d'appuis moins un.

En tout on obtiendra n équations et, en éliminant $\mathfrak{T}$, il en restera $n - 1$, c'est-à-dire le nombre nécessaire pour calculer les réactions inconnues.

La méthode est applicable aux poutres continues que M. Chaudy a désignées sous le nom de poutres continues en arcs s'arc-boutant.

Enfin, dans une dernière partie de son mémoire, M. Chaudy montre que la méthode analytique de calcul des poutres continues droites de son collègue et ami, M. Bertrand de Fontviolant, peut s'employer avec avantage, en déterminant par une opération graphique simple les déplacements élastiques qu'on a besoin de connaître, pour le calcul des poutres continues en arcs s'arc-boutant, des arcs avec points d'appui intermédiaires et des arcs ou systèmes d'arcs reliés à des poutres continues.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Chaudy de cette communication et donne la parole à M. J. Hinstin pour présenter un résumé de son travail sur *les Droits de douane au point de vue industriel*.

MESSIEURS.

Je dois m'efforcer de limiter la durée de ma communication.

Je résumerai donc un travail déjà réduit eu égard à l'importance du sujet que j'ai à traiter.

Je retiendrai ainsi moins longtemps votre attention sur un sujet aride ; par contre, je vous prierai d'excuser le laconisme et la sécheresse de ma narration.

Depuis que j'ai remis mon travail au Comité, nous avons assisté à la discussion générale du projet de loi sur le tarif des douanes. Il n'est pas possible de trouver des éléments d'informations plus complets et présentant plus d'actualité pour étudier la question du tarif des douanes.

Je m'y arrêterai donc un petit instant.

De la discussion générale, je ferai d'abord ressortir le débat qui s'est produit sur la question de principe.

Un de nos éminents parlementaires, M. Jules Simon, se plaignait dernièrement, dans *M. P. J.*, qu'on négligeât un peu trop les principes, et que, pour cette raison, nos politiciens et législateurs fussent un peu trop le jouet des caprices du vent dominant, c'est-à-dire du courant d'une

opinion publique trop facile à s'égarer parmi les multiples intérêts particuliers et locaux.

De son côté, à la Chambre, le chef de l'école libre-échangiste, M. Léon Say, a fortement reproché à ses adversaires de ne point se laisser guider par un principe, et il a paru triompher aisément de gens qui, en effet, se faisaient gloire de manquer de principes, si l'on peut ainsi qualifier ceux qui jugent qu'il peut y avoir nécessité, dans un intérêt national, à exempter du droit de douane certains produits, à mettre sur d'autres des droits forts et n'appliquer à un grand nombre que des droits modérés, sans observer une règle fixe découlant d'un principe rigide, en ne se laissant guider que par le but nettement défini que l'on veut atteindre dans l'intérêt du pays.

Je respecte le principe du libre-échange et je voudrais encore m'associer, comme autrefois, à mes amis qui professent cette doctrine ; mais, en entrant de plus en plus dans la vie industrielle, j'ai dû reconnaître que ce principe ne pouvait point recevoir une application complète et pratique.

Je ne suis pas le seul dans ce cas, car il n'est guère de libre-échangiste qui ne fasse quelque restriction sur un point ou sur un autre, nuisible à ses amis ou à lui-même. Je ne les en blâme point, pas plus que je ne critique le chef de l'école, qui s'est contenté de demander l'application des tarifs de 1860, ce qui n'était pas non plus très orthodoxe. — On sous-entend, il est vrai, les mots « en attendant mieux ».

Moi, je préfère, le jour où je reconnais la nécessité d'appliquer un tarif, le jour où je demande ce tarif, déclarer que je ne suis pas libre-échangiste.

Au nom de ce grand principe, nous avons entendu affirmer solennellement, du haut de la tribune parlementaire, que le droit de douane constituait un impôt qui frappe toute la consommation. Puis on nous a montré combien ce lourd impôt était écrasant pour le pays.

En appliquant le droit de douane sur les chiffres pris dans les tableaux exprimant la consommation, on trouve que nous avons à supporter, du fait du tarif projeté, près de 4 milliards de surcharge. Ce chiffre, je le reconnais, a semblé faire reculer celui-là même qui l'énonçait. Il en a conclu simplement que les tableaux fournis par ses contradicteurs n'étaient pas justes. N'eût-il pas été plus rationnel de conclure que le chiffre en question, qui a été énoncé pour agir sur les masses, est la démonstration par l'absurde que l'application qui a été faite du principe est fausse.

En faisant l'application du même principe à la production de quelques produits choisis dans certains départements, on montre, de la même façon, que le droit de douane a pour effet d'enrichir quelques départements aux dépens des autres, ce qui ne pourra être longtemps supporté, conclut l'orateur.

Je me permets de trouver que ce raisonnement, comme le précédent, ne conclut pas contre le tarif de douane, mais bien contre la mauvaise application du principe et le méchant usage que l'on en fait en poussant les citoyens français à l'envie et à la haine les uns contre les autres.

Il en est de même de l'application des droits de douane, relevée à

l'aide de moyennes, sur des produits différents. On fait ressortir ainsi que certains produits sont privilégiés, et que certaines branches de l'industrie sont plus favorisées que d'autres. C'est une chose intolérable, conclut-on encore d'un air de mauvais présage.

Ce qui est intolérable, c'est d'entendre de telles conclusions, tirées de l'application fausse d'un principe, servir à provoquer de graves décisions qui intéressent au plus haut point la fortune et l'avenir de la France.

Notre distingué collègue M. Périssé, qui personnifie si bien l'Ingénieur civil, moins entiché de théories que préoccupé de puiser dans la philosophie les seules choses qui peuvent servir d'aide aux applications pratiques, qui a, en même temps une connaissance complète des besoins et des procédés de l'industrie, publiait, en brochure, sous le titre *Ni Libre-Échange, ni Protection*, dès l'année 1886, une conférence pleine de vaillance et de talent, dans laquelle il montrait que le libre-échange était nuisible à la France. La démonstration est parfaite en tous points, c'est pourquoi je vous la signale et m'y associe en la rappelant.

Je viens soumettre aujourd'hui à votre discussion un travail différent quoique aboutissant à la même conclusion.

Sans repousser le libre-échange en bloc, je le considère dans son but. Il tend à offrir au consommateur, au plus bas prix, les choses dont il a besoin.

Quels sont les auteurs de ces choses utiles ou même indispensables? Les producteurs. Voici donc en présence les producteurs et les consommateurs. On ne peut rien donner aux premiers sous forme de protection ou droit de douane, sans que ce ne soit au détriment des seconds. Telle est la théorie qui paraît irréfutable et qui sert de base aux applications que nous venons de mentionner.

Il y a là une première erreur d'observation pratique. Il n'est pas indifférent, en effet, de négliger le troisième larron qui se glisse nécessairement entre le producteur et le consommateur : je veux parler de l'intermédiaire.

Pour le théoricien, le commerce et l'industrie sont une seule et même chose. Pour nous, industriels, nous ne pouvons ignorer que les nombreux intermédiaires qui sont interposés entre le consommateur et nous chargent le prix de la marchandise de frais énormes, bien autrement importants à considérer que les droits de douane.

Lorsque nous voyons le prix de la vie renchérir en même temps que les prix de revient baissent, nous ne sommes pas surpris, sachant que la différence est prise par les intermédiaires.

Le libre-échangiste ne paraît pas non plus penser à un quatrième élément, avec lequel nous, industriels, nous sommes constamment aux prises, et qui ajoute également une charge importante à la valeur de nos produits ; je veux parler du transport.

Les frais de transport doivent être pris en sérieuse considération, surtout dans un pays producteur continental qui est en concurrence avec une grande puissance commerçante et maritime.

Pourquoi le libre-échangiste s'acharne-t-il à la suppression du droit de douane seul, qui n'entre que pour un faible élément dans la charge du consommateur et qui n'y entre pas du tout la plupart du temps, sans

se préoccuper des dangers qu'une telle campagne risque de faire courir à la richesse nationale, tandis que les frais de transport et les prélèvements des intermédiaires, qui représentent souvent une charge supérieure à la valeur des produits eux-mêmes, le laissent indifférent en apparence ?

C'est parce qu'il ignore cette situation. Il est donc important de la lui montrer et de la lui expliquer.

A en juger par l'étonnement un peu naïf que nous ont montré les grands économistes, en constatant que les prix de revient des produits industriels ont généralement baissé, pendant que le taux moyen des salaires industriels augmentait notablement en France, il est visible que ces savants distingués ne se rendent qu'imparfaitement compte de ce qu'est un prix de revient. Les progrès de la science, de la physique, de la chimie et de la mécanique ne suffisent pas, ils le sentent bien, pour expliquer entièrement le phénomène qui cause leur surprise. Il est nécessaire que nous leur disions que ces éléments, auxquels il faut ajouter l'intelligence, le travail, l'ordre et la méthode de l'industriel français, ont eu surtout pour effet une production plus forte et meilleure.

Plus on produit, plus il est facile de diviser le travail, d'en spécialiser et mieux finir chaque partie, d'appliquer, par conséquent, sur l'ensemble de plus nombreuses compétences tendant à la plus grande perfection du travail.

Plus aussi le travail revient meilleur marché, à cause de l'importance des frais généraux dans le budget de l'industriel.

Ces frais généraux, qui entrent pour une proportion considérable dans le prix de revient lorsque la production est limitée, se réduisent proportionnellement de plus en plus à mesure qu'ils s'appliquent à une plus grande production.

C'est là un fait d'une importance capitale, sur lequel nous devons tout spécialement appeler l'attention des économistes, parce que c'est la base de l'industrie moderne dans sa marche vers le progrès, qui tend à faire diminuer les prix de revient.

On trouve là l'explication de ce phénomène nouveau pour les économistes d'un droit de douane modéré et judicieusement appliqué, à l'égard de l'importation de l'étranger, tendant au développement de la production en France et déterminant l'abaissement du prix de revient et, partant, du prix de vente, sous l'influence de la concurrence intérieure et de celle même de l'étranger qui continuera à se produire en dépit du droit modéré.

Il ne faut pas oublier que toute industrie produit un bénéfice brut, sinon un bénéfice net, et que, en dehors des variations du prix de revient, il existe encore, dans ces deux sortes de bénéfices, une marge dans laquelle peut se mouvoir le prix de vente.

Le bénéfice brut permet de vivre misérablement sans rien gagner; le bénéfice net seul, en donnant une rémunération au capital, procure de la sécurité et du bien-être.

Il est aisé de comprendre que si l'étranger a des avantages sur nous, il peut nous anéantir ou nous réduire au bénéfice brut, tandis qu'un droit de douane bien appliqué pourrait faire revenir le bénéfice net en

France et repasser le brut à l'étranger, tout en maintenant la concurrence.

Les libre-échangistes écrivent ce que je vous demande de lire textuellement :

Le droit de douane est un boulet qu'on prétend mettre à l'humanité et dont on accroîtrait le poids à mesure qu'elle déploierait plus largement ses ailes pour s'élever plus haut vers le bien-être et vers la liberté. Ce que nous voulons, au contraire, c'est la multiplication des produits et la diminution de la valeur, c'est le progrès indéfini, c'est l'émancipation graduelle des travailleurs. Le droit de douane est un poids mort que l'on devrait épargner au pays, si l'on était soucieux de faciliter le plein épanouissement de ses forces. Plus les droits sont lourds, plus la valeur des produits protégés grossit, mais aussi plus il faut peiner pour se les procurer, et plus on fait obstacle à l'œuvre de la civilisation, c'est-à-dire à l'aisance mise à la portée d'un nombre, sans cesse croissant, d'êtres humains.

Nous répondons plus simplement qu'un poids est une force qui n'est pas toujours destinée à écraser, il peut aussi servir comme contrepoids à soulager ; pourvu qu'on sache le manier et en faire un judicieux emploi ; c'est le cas du droit de douane, comme de presque toutes les choses de ce monde.

Je vous demanderai la permission de produire, à propos de la discussion de la loi de douane qui vient de se dérouler à la Chambre, une dernière observation.

A part quelques satisfactions données à l'agriculture avec l'aide des industriels de la Chambre, j'entends beaucoup de plaintes parmi les industriels. Quand ils ne se trouvent pas lésés eux-mêmes, il est rare qu'ils ne relèvent pas quelques fautes commises autour d'eux par manque de compétence.

Il ne peut en être autrement.

Nous rendons justice au talent hors ligne et à la vaillance du Ministre du Commerce, à sa bonne grâce et à son désir de contenter tout le monde ; mais il est vraiment impossible qu'il puisse avoir une opinion compétente sur chaque objet.

La Commission des douanes est présidée par un homme d'une valeur hors ligne, homme d'État, homme de gouvernement, d'un esprit ouvert à toutes les branches du travail national. Il s'est donné tout entier à sa tâche. Il a montré qu'il était descendu au fond de toutes les questions, qu'il sait tout ce que nous disons aujourd'hui. Il est entouré d'hommes de bonne volonté qui ont rapporté les articles après avoir pris leurs renseignements et avoir entendu, autant que faire se pouvait, les intérêts en cause.

Autant de peine perdue en l'absence de toute ligne de conduite dictée par un principe, à cause surtout de la prépondérance des intérêts locaux ou des idées préconçues dans le Parlement.

Ceci m'amène à vous dire, messieurs, qu'il n'est point d'industriel qui n'observe une règle de conduite et ne soit guidé par certains principes.

Nous avons pour principe de suivre la marche du progrès qui nous oblige, comme je l'ai dit, à travailler en grand, pour faire mieux et à meilleur marché.

Nous n'admettons ni de non-valeurs ni de gaspillage d'aucune sorte. Nous désirons donc que les frais de transport, ceux de vente et la rémunération des intermédiaires soient réduits de plus en plus, et je vous convie, mes chers confrères, à vouloir bien apporter ici toutes les solu tions que vous trouverez certainement pour atteindre ce but.

Par contre, nous sommes partisans des droits de douane tendant uniquement à augmenter la production et le travail national et attribuant à chaque article tout ce qui est nécessaire pour atteindre le but, sans considérer à quelle catégorie de matière il appartient ; mais nous blâmerions toute attribution superflue des droits de douane qui ferait hausser le prix des marchandises au seul profit de quelques industriels.

Nous entendons que lesdits droits soient justifiés et modérés pourvu qu'il soit bien entendu que la modération ne réside pas dans le quantum ni dans la proportion par rapport à la valeur du produit, mais uniquement dans l'effet utile.

Le droit modéré ne doit jamais provoquer qu'une hausse momentanée ou légère sur les produits similaires de France.

Nous avons aussi comme principe, nous l'avons dit, de diviser le travail et de mettre dans chaque partie toutes les compétences nécessaires pour mener à bien les travaux les plus compliqués et les plus difficiles.

Il serait désirable que la même méthode fût appliquée dans cet immense travail de l'étude des tarifs des douanes ; que chaque article fût étudié exclusivement par les hommes du métier, choisis parmi les plus compétents de la confrérie.

J'insiste tout particulièrement, messieurs, sur cette idée d'organisation qui aurait pour effet de faire résoudre par des hommes compétents une question qui dépasse absolument les possibilités d'un gouvernement et d'une commission parlementaire, et je vous convie à rechercher et à apporter ici les propositions d'organisation que vous trouverez pour atteindre ce but. Ma question touche aux questions syndicales très à la mode aujourd'hui.

En attendant, je ne crois pas trop demander en insistant pour que les Ingénieurs civils et industriels entrent de préférence dans les comités et les chambres consultatives qui ont à formuler une opinion sur les questions qui nous intéressent particulièrement.

On ne nous accusera pas, je pense, de manquer de principes. Mais nos principes sont, il est vrai, des principes spéciaux, applicables au but que nous poursuivons, limité au développement du travail national, de la fortune et de l'intérêt public en France et dans nos colonies.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Hinstin de sa communication très intéressante sur un sujet qui touche tous les Ingénieurs civils s'occupant d'industrie.

Il croit que, dans ces questions de protection ou de libre-échange, il ne faut pas voir une question de principe : c'est un simple marchandage qui existe entre les divers États. Il s'agit de savoir quels sont les

droits à imposer sur telles marchandises venant de l'étranger, pour favoriser le producteur français, ou si, au contraire, tel autre droit est à abandonner pour favoriser, par compensation, l'écoulement de certains produits français. Ce sont des questions à traiter point par point.

M. le Président rappelle l'existence, dans les tarifs des diverses Compagnies, des tarifs communs qui sont avantageux pour le transport des marchandises, d'un réseau sur l'autre, aussi bien sur les divers réseaux des chemins de fer français que sur les chemins étrangers.

En France, il existe un abus, c'est celui de la réglementation.

En Autriche, voici ce qui existe :

Un négociant ayant un transport important à faire propose un prix aux Compagnies de chemin de fer intéressées ; si elles l'acceptent, elles doivent en faire profiter tout le monde dans les mêmes conditions.

Cette manière de faire a donné en Autriche et en Hongrie les meilleurs résultats et il serait à désirer de la voir suivie en France.

M. Hinstin. — Incontestablement.

M. Ernest Coignet regrette de prendre la parole avant son chef de file libre-échangiste, M. Fleury.

M. Hinstin dit que les intermédiaires auxquels s'adressent les industriels pour vendre leurs produits sont une lourde charge pour eux et que par conséquent ils ont besoin de droits compensateurs.

Mais les étrangers qui viennent vendre en France ont également ces intermédiaires à payer. Ils ont les leurs et les nôtres, sans compter les intermédiaires maritimes ; notre industrie, ayant des intermédiaires à supporter, n'est donc pas pour cela dans une mauvaise situation vis-à-vis des étrangers pour le marché intérieur de la France.

M. Hinstin a dit aussi que les industriels français s'adressaient trop aux intermédiaires, et il leur citait en exemple les industriels anglais, qui font leurs affaires eux-mêmes. C'est un excellent conseil ; mais c'est justement ce que veulent les libres-échangistes. Ils attendent tout de l'initiative individuelle.

En ce qui concerne le marché intérieur de 35 milliards, qu'il faut conserver à la France, M. Coignet fait remarquer que les importations étrangères de 3 milliards équilibrent les exportations françaises de 3 milliards également. Si la France se ferme, les pays étrangers en feront autant. On gagnera 3 milliards, mais on perdra 3 milliards. Alors quoi ?

L'inconvénient des droits exagérés, c'est de rendre paresseux ceux qui en profitent. L'industrie métallurgique, sous le coup de la nécessité, s'est mise en mesure de lutter avec la Belgique notamment pour l'exportation.

Ce qu'il faut chercher à faire, c'est d'abaisser les prix de revient, et là le rôle de l'Ingénieur est considérable. C'est même là son rôle dans l'industrie.

Quant aux transports, M. Coignet est de l'avis de M. Hinstin : il y a beaucoup à faire en France, notamment dans l'unification des tarifications et des conditions de transport de toutes les Compagnies.

M. Jules Fleury se rallie absolument aux observations si pleines de justesse et d'à-propos que vient de présenter son collègue et ami, M. Coignet. On a insisté ce soir sur l'influence que les droits de douane peuvent exercer sur l'activité industrielle du pays. Il convient alors de remarquer que nous n'importons que 613 millions de produits fabriqués, tandis que nous en exportons pour 1 926 millions. Nous n'avons donc pas grand intérêt à prendre des mesures qui pourraient peut-être — ce qui est d'ailleurs fort douteux — réserver à nos industriels la possession du marché intérieur, mais nous exposeraient à des représailles qui nous feraient perdre le marché extérieur. D'ailleurs, la majeure partie des produits fabriqués importés sont loin d'être des produits définitifs, immédiatement propres à la consommation. Ce sont plutôt des produits élaborés, mais non finis, qui doivent encore repasser une ou plusieurs fois par nos manufactures, pour y recevoir des façons définitives. Tels sont les filés de coton, de laine, de soie, de lin, etc., les cuirs corroyés et vernis, les produits ébauchés de la métallurgie, etc. Pour achever leur transformation, nous avons souvent à y incorporer plus de main-d'œuvre et d'intelligence que n'en ont eu à dépenser les étrangers, pour les amener au point où ils sont quand on nous les livre. Ne parlons donc pas de droits compensateurs. Ceux qui réclament, sous ce prétexte, l'aggravation des droits de douane, conscients ou non, tendent toujours à prélever à leur profit un tribut sur leurs concitoyens.

Puis, le droit de douane est une arme à deux tranchants : il nuit aux étrangers en gênant la vente de leurs produits sur notre marché ; il nuit aussi aux Français qui avaient avantage à s'approvisionner chez les peuples voisins et qui ne le peuvent plus.

Il faut toujours envisager la question sous toutes ses faces. Cet examen conduit toujours à se ranger du côté des mesures libérales, les seules capables de favoriser la tendance à l'expansion qui est dans le génie de notre race.

Personne ne demandant plus la parole, M. le Président déclare la discussion close.

La séance est levée à dix heures.

MOTEURS A VAPEUR

NOTE

SUR UNE

DISPOSITION PROPRE A AMÉLIORER LEUR RENDEMENT PRATIQUE

PAR

M. E. LEFER

Les moteurs à vapeur actuels sont encore, dans leurs lignes générales, tels qu'ils ont été créés par Watt ; leur organisme et leur constitution cinématique n'ont pas changé, malgré de nombreuses tentatives faites dans ce but.

Les perfectionnements qu'ils ont reçus sont néanmoins très nombreux et portent d'abord sur une meilleure exécution du travail de construction due aux machines-outils et aux moyens dont on dispose maintenant, puis sur l'adoption de détails spéciaux et de distributions appropriées d'une façon plus judicieuse, dont l'application a eu pour résultat de réduire la consommation de ces moteurs assez sensiblement par rapport à ce qu'elle était autrefois.

Dans le but de réduire la consommation des moteurs à vapeur on a aussi imaginé un grand nombre de dispositions diverses de ces moteurs, dont la principale, assurément, consiste dans l'emploi de plusieurs cylindres, dans lesquels la même vapeur est introduite successivement, de telle sorte que la détente totale qu'elle doit fournir est fractionnée ou partagée en plusieurs détentes partielles successives dans chacun des cylindres.

La consommation générale des moteurs modernes les plus per-

fectionnés s'éloigne peu en marche industrielle de 1 *kg* de combustible par heure et par cheval indiqué. Dans cette consommation se trouvent compris le rendement de la chaudière et celui de la machine. Lorsqu'on veut évaluer la consommation du moteur seul, on dit habituellement qu'il consomme tant de kilogrammes de vapeur par cheval et par heure.

Il n'est pas rare de voir une mauvaise machine munie d'un bon générateur accuser une consommation de combustible favorable, tandis qu'une très bonne machine accouplée à un mauvais générateur aura une consommation élevée. Il est donc nécessaire lorsqu'on procède à des essais de moteurs de faire des expériences séparées sur les moteurs et sur leurs générateurs.

La théorie mécanique de la chaleur a permis de déterminer d'une façon exacte quelle était la quantité de chaleur nécessaire au fonctionnement d'une machine parfaite, et par suite quelle serait sa consommation si cette machine pouvait être réalisée.

Les moteurs actuels sont loin d'atteindre les chiffres de consommation indiqués par la théorie, et le but de tous les efforts des constructeurs est de se rapprocher le plus possible de ces derniers. Moins un moteur consommera de chaleur pour la production d'une force donnée, et plus il se rapprochera de la consommation limite indiquée par la théorie, plus il sera parfait.

Malheureusement, il y a dans les moteurs, et par suite de leur constitution même, des causes physiques qui interviennent pour modifier leur consommation notablement, et ces causes sont telles qu'il sera pour ainsi dire impossible d'atteindre jamais les consommations qui sont indiquées dans les traités scientifiques, parce qu'étant inhérentes à la constitution des moteurs, s'il est possible de les réduire on ne peut les supprimer entièrement.

La principale de ces causes est l'action des parois métalliques des cylindres qui, enfermant entre elles de la vapeur changeant de température d'une façon incessante, subissent nécessairement la même variation de température en dépouillant la vapeur d'une partie de sa chaleur lorsque la température augmente, et en lui fournissant au contraire de la chaleur lorsque la température baisse. Par suite du jeu même de la machine, les températures limites auxquelles sont soumises les parois des cylindres sont égales à celles de la chaudière d'une part, et du condenseur d'autre part. Quand les moteurs fonctionnent à haute pression, cette différence des températures peut être considérable, et, si on remarque que c'est précisément lorsque la vapeur arrive de la

chaudière pour pénétrer dans le cylindre que les parois doivent s'échauffer en produisant une condensation partielle de la vapeur introduite pour s'emparer de la chaleur que celle-ci leur abandonne, et qu'ensuite pendant l'échappement au condenseur les parois précédemment portées à une haute température cèdent cette même chaleur à la vapeur qui s'écoule au condenseur sans aucun profit pour la machine, et ce à chaque coup de piston, on en conclut qu'il y a là une perte de chaleur qu'on ne peut éviter, mais qu'on peut réduire en diminuant le plus possible les surfaces internes desdites parois.

On peut également diminuer cette perte en réduisant la différence des températures limites ou extrêmes dans les cylindres, et c'est ce qui a donné lieu à l'établissement des moteurs à plusieurs cylindres, entre lesquels la détente est partagée, de même que la différence de température, de sorte que la condensation initiale à l'admission, que nous signalions plus haut, est notablement réduite.

Nous avons indiqué déjà (1) quelles conditions devraient remplir ces dernières machines, et quel rapport de cylindres devait être adopté pour que leur consommation soit minimum, et ce rapport est loin d'être arbitraire.

Nous étudierons ici les moteurs au point de vue du rendement thermique pratique, le seul qui doit être considéré lorsqu'on veut être fixé sur la valeur réelle des moteurs à vapeur.

D'après la *Théorie mécanique de la chaleur*, le rendement d'un moteur est maximum lorsqu'on a la relation

$$\frac{Q - Q'}{Q} = \frac{T - T'}{T}$$

entre la dépense totale de chaleur Q qu'il a fallu fournir à l'unité de poids de vapeur moins celle Q′ restant dans cette dernière après qu'elle a cessé d'agir sur le piston, et les températures absolues limites T et T′ qu'on a adoptées pour le fonctionnement du moteur.

Il résulte de cette égalité que le rendement est maximum lorsqu'on a

$$\frac{\dfrac{Q - Q'}{Q}}{\dfrac{T - T'}{T}} = 1.$$

(1) *Étude sur le travail des gaz.* Bulletin de janvier 1888 des Mémoires et Comptes rendus des travaux de la Société des Ingénieurs civils.

Il devrait également en être ainsi en pratique, mais à cause des condensations initiales internes de vapeur à l'admission, et de l'augmentation de vapeur qui en résulte, on trouve toujours en expérience que l'expression $\frac{Q-Q'}{Q}$ est plus petite que celle $\frac{T-T'}{T}$

et par suite le rapport $\frac{\frac{Q-Q'}{Q}}{\frac{T-T'}{T}}$ est toujours plus petit que 1.

D'après une expérience que nous avons faite sur un moteur à deux cylindres ayant un fonctionnement particulier *(fig. 2)*, dont nous reparlerons plus loin, nous avons reconnu qu'il se condensait à chaque coup de piston un poids de 0,00091 *kg* de vapeur par mètre carré de surface de paroi et par degré de différence des températures internes limites correspondant d'après le diagramme aux pressions d'entrée et de sortie de la vapeur dans le cylindre.

Ces températures, déduites de l'observation des diagrammes, ne sont qu'apparentes, c'est-à-dire que les températures réelles que prennent les parois ne varient probablement pas autant que celles indiquées par les diagrammes, parce que, par suite de la succession assez rapide des coups de piston, il est douteux que les parois puissent avoir le temps de prendre les températures exactes de la vapeur venant de la chaudière et de celle qui s'écoule au condenseur, à moins que le moteur ait une allure très lente, et on sait que dans ce cas les condensations internes sont considérables.

Nous appliquerons donc ce coefficient 0,00091 *kg* pour évaluer approximativement la quantité de vapeur qui se condense dans les diverses phases du fonctionnement des moteurs, quoiqu'il ne soit pas tout à fait exact en ce qui concerne les moteurs à un cylindre, parce que, lorsque nous l'avons déterminé, la condensation observée se faisait aux dépens d'une vapeur dépouillée de sa chaleur externe, tandis que dans les moteurs à un cylindre la vapeur qui se condense à l'admission arrive directement de la chaudière et par conséquent contient encore sa chaleur externe qu'elle n'a pu abandonner, et pour cette raison le poids de vapeur condensée par mètre carré et par degré de différence de température devrait être moins élevé que 0,00091 *kg*. Comme nous n'avons pu déterminer ce que serait le poids de vapeur condensé dans ce cas, nous garderons le chiffre de 0,00091 *kg*, dont le seul inconvénient lorsqu'on l'applique aux moteurs à un cylindre est de faire paraître

leur consommation plus élevée par rapport aux moteurs à plusieurs cylindres, quoique ce chiffre s'applique également à la condensation interne ayant lieu dans le premier cylindre de ces derniers.

La condensation interne ne dépendant que des températures limites auxquelles sont soumises les parois, peut être considérée comme constante (1) quelle que soit la force que développe le moteur ; mais à cause de cela même la consommation additionnelle relative par cheval résultant de cette condensation est variable et diminue lorsque la force en chevaux produite augmente et par conséquent lorsque l'admission augmente et que la détente diminue. C'est pourquoi on a pu dire que cette condensation variait avec la détente quoique ce ne soit là qu'un fait relatif comme nous le verrons plus loin.

Cette condensation peut donc, si l'admission est faible et la détente étendue, être très importante et atteindre, par cheval vapeur produit, un poids de vapeur plus considérable que celui qui est nécessaire pour la production de la force. Elle augmente notablement la consommation des moteurs à vapeur et est cause que les détentes pratiques pour lesquelles la consommation est minimum sont loin d'atteindre les détentes que la théorie indique.

Par suite de la production d'eau qui a lieu au début de l'introduction de la vapeur dans le cylindre lorsque celle-ci entre en contact avec les parois du piston et du couvercle, ainsi que celles des canaux d'introduction et d'échappement, il se fait, peu de temps après que la détente a commencé, une vaporisation brusque de cette eau qui doit probablement rester à la même température que la vapeur admise (peut-être a-t-elle une température inférieure par suite de son contact avec les parois), et cette vaporisation est d'autant plus marquée que la détente a plus d'étendue, et que le poids relatif d'eau présenté dans le cylindre est plus considérable.

De plus, pendant la continuation de la détente il se vaporise constamment une certaine quantité de cette eau (2) sous l'action des parois qui se trouvent alors à une température relative d'autant plus élevée, que la détente est plus près de sa limite, c'est-à-dire que le piston est plus près de la fin de sa course et on peut

(1) *Annales des Mines*, 1884, essais faits au Creusot sur une machine Corliss.

(2) Théoriquement, pendant la détente, il devrait y avoir condensation de la vapeur ; mais en pratique, la vapeur contenue dans le cylindre d'un moteur n'est jamais sèche, c'est un mélange d'eau et de vapeur qui se détend et il se produit une vaporisation pendant la détente.

admettre que si une surface de parois égale à 1 m^2 a condensé 0,00091 *kg* de vapeur par degré de température lors de l'admission de la vapeur, elle doit pouvoir également vaporiser 0,00091 de cette eau pendant la période de détente par degré de différence de température.

Pour ces différentes causes, si on observe les diagrammes des moteurs à vapeur à un cylindre, on trouve que le poids de vapeur présent dans le cylindre est plus considérable à la fin de la détente que lors de l'admission, et généralement cette différence est d'autant plus forte que la détente est plus étendue.

C'est pourquoi les diagrammes relevés sur les moteurs à vapeur les mieux construits, dans lesquels les espaces de construction (1) sont réduits à leur minimum, indiquent toujours une courbe de pression pendant la détente, voisine de celle que donne la loi de Mariotte, alors que cette courbe devrait affecter une forme tout autre que donne la loi de la détente adiabatique des vapeurs.

On comprend que la condensation interne initiale étant d'autant plus abondante que les parois ont plus d'étendue, on ait cherché à réduire ces dernières le plus possible : car plus les condensations internes sont considérables, et plus la consommation des moteurs augmente. C'est également cette considération qui a porté les Ingénieurs à admettre la vapeur dans un premier cylindre de petites dimensions, et à la faire détendre ensuite dans un ou plusieurs cylindres plus grands, parce que par la réduction des surfaces des parois d'une part, et la réduction des différences des températures limites dans ce premier cylindre d'autre part, on espérait arriver ainsi à réduire la consommation d'une façon notable.

En raison de ce que nous venons d'exposer, nous admettrons dans la suite que la détente a lieu conformément à la loi de Mariotte. Cela ne peut donner lieu pratiquement à une grande erreur, et tient compte implicitement de la vaporisation qui se fait autour de la détente; puis enfin, cela nous permettra de simplifier notablement, et d'arriver à des résultats très voisins de ceux qu'on obtient en pratique, au moins pour certaines machines.

Nous examinerons les diverses phases de fonctionnement d'un

(1) Nous appelons *espaces de construction* les espaces qu'on désigne sous le nom d'espaces nuisibles ou morts ou neutres, parce que ces espaces ne dépendent que de la construction des cylindres à vapeur. De plus ils sont quelquefois très utiles, à tel point qu'on est dans la nécessité de leur donner un grand volume, et ils ne sont jamais ni morts ni neutres, attendu qu'ils ont toujours une certaine influence sur le fonctionnement des moteurs.

moteur à vapeur dont le cylindre aura un volume de 1 m^3, avec un rapport de course au diamètre du piston égal à $\frac{2}{1}$, en admettant qu'il donne un coup de piston par seconde, que la pression à la chaudière soit de 8 atmosphères, la contrepression du condenseur de $0^{atm},10$, et que le volume des espaces de construction soit sans influence sur son fonctionnement.

Nous admettrons aussi que la condensation initiale à l'introduction est égale à 0,00091 *kg* par mètre carré de surface de paroi et par degré de différence des températures limites de la vapeur pendant son travail, et que cette surface de paroi est égale à 1,74 m^2.

La force que pourra fournir un semblable moteur en fonctionnant avec une admission égale à 1/10 de la course du piston sera donnée par:

$$F = \frac{PV + PV \text{ Log } 10.2,3026 - P'V'}{75}$$

ou, en remplaçant les lettres par leurs valeurs :

$$F = \frac{8.10330.0,100 + 8.10330.0,100.2,3026 - 0,100.10000}{75}$$

$$= \frac{8264 + 19028 - 1000}{75} = \frac{26292}{75} = 350 \text{ } ch.$$

Le poids de vapeur nécessaire à la production de cette force sera, par heure, égal à :

$$M_1 = 4,274 \text{ } kg.0,100.3600 = 1\,537,9 \text{ } kg,$$

et le poids de vapeur théorique dépensée par cheval-heure produit devient :

$$M = \frac{1\,537,9}{350} = 4,39 \text{ } kg.$$

La température de la vapeur à 8 atmosphères est de 170°,81, et celle de la vapeur à 0,100 atmosphère est de 46°21. La différence des températures internes limites dans le cylindre est donc:

$$170,81 - 46,21 = 124°,6.$$

La condensation initiale à l'admission serait, d'après cela, par coup de piston :

$$M'_2 = 0,00091.124,6.1,74 = 0,197 \text{ } kg,$$

ce qui donne par heure :

$$M'_1 = 0,197.3600 = 709,9 \text{ } kg$$

et par cheval-heure :

$$M' = \frac{709.9}{350} = 2,028 \text{ } kg.$$

La consommation totale par cheval-heure devient :

$$M_t = 4{,}39 + 2{,}028 = 6{,}418\ kg.$$

D'après les conventions que nous avons faites ci-dessus, la pression de la vapeur à la fin de la détente serait égale à 0,8 atmosphère, et la température serait de 93°,88.

Le rendement thermique maximum de ce moteur est théoriquement égal à :

$$\frac{T - T'}{T} = \frac{170{,}81 - 46{,}21}{273 + 170{,}81} = 0{,}281.$$

Chaque kilogramme de vapeur a absorbé pour sa formation une quantité de chaleur Q égale à

$$658{,}597 - 46{,}282 = 612{,}315 \text{ calories.}$$

Le poids total de vapeur dépensée par cheval-heure étant de 6,418 *kg*, la dépense totale de chaleur devient :

$$Q_t = 6{,}418 . 612{,}315 = 3\,929{,}837 \text{ calories}$$

par cheval-heure.

Le moteur ayant produit 26 292 kilogrammètres par coup de piston, la chaleur Q_1, dépensée pour effectuer ce travail, est égale à :

$$Q_1 = \frac{26\,292}{425} = 61{,}863 \text{ calories,}$$

ce qui donne, par heure et par cheval produit, une dépense de :

$$Q'_1 = \frac{61{,}863 . 3\,600}{350} = 635{,}30 \text{ calories.}$$

On a donc :

$$Q'_2 = 3\,929{,}837 - 635{,}30 = 3\,294{,}537 \text{ calories}$$

et :

$$\frac{Q_t - Q'_2}{Q_t} = \frac{635{,}30}{3\,929{,}837} = 0{,}162 \quad (1),$$

et il vient pour le rendement thermique du moteur :

$$\frac{\dfrac{Q - Q'}{Q}}{\dfrac{T - T'}{T}} = \frac{0{,}162}{0{,}281} = 0{,}576,$$

c'est-à-dire que le moteur ne transforme en travail que les

(1) Le rendement 0,162 est relatif à la chaleur totale qu'il a fallu fournir à la vapeur et à la fraction de cette chaleur qui a été dépensée pour la production de la force. Lorsqu'on veut évaluer le rendement thermique d'après la quantité de chaleur qui a été dépensée dans le foyer, il faut faire intervenir le rendement propre de la chaudière, et si ce rendement n'est que de 0,5 ou 0,6, le rendement thermique ci-dessus devient égal à $0{,}162 \times 0{,}5 = 0{,}081$, ou $0{,}162 \times 0{,}6 = 0{,}0972$. On voit donc combien peu de la chaleur totale dépensée dans le foyer est utilisée, et sous ce rapport combien il serait utile de perfectionner les chaudières ou générateurs de vapeur, et quel avantage il y aurait à augmenter leur rendement.

0,576 0/0 de la chaleur disponible qui devrait être utilisée, laquelle est égale à 0,281 0/0 de la chaleur totale dépensée.

Nous avons fait les mêmes calculs que ci-dessus pour diverses autres introductions, et les résultats en sont consignés dans le tableau n° 1 *(voir page 64)*.

D'après ce tableau, on voit que le rendement thermique du moteur dont il s'agit ne dépasse pas 0,578 0/0 du rendement théorique, et ce rendement est atteint lorsque le moteur fonctionne avec une introduction variant de 1/8 à 1/10 de la course du piston.

Pour les très grandes détentes, de même que pour les détentes très réduites, la consommation par cheval-heure est plus élevée, et le rendement est moins favorable.

Cela est dû à ce que, d'une part, la consommation théorique nécessaire à la production de la force augmente constamment, à mesure que l'introduction augmente et que la détente diminue, tandis que, d'autre part, la consommation additionnelle constante, due à la condensation initiale, diminue d'une façon relative à mesure que l'introduction augmente et que la détente diminue.

La force en chevaux produite, variant également et augmentant à mesure que l'introduction augmente et que la détente diminue, il résulte de ces diverses variations, que la consommation passe par un minimum qui est atteint ici, lorsque le moteur fonctionne avec une introduction égale à 1/8 de la course du piston.

On remarquera également que, sur ce tableau, la consommation varie peu pour des introductions variant entre le 1/12 et le 1/6 de la course du piston, tandis que pour toutes les autres introductions la consommation est beaucoup plus élevée, et que à tous les points de vue, il serait préférable de choisir l'introduction 1/2 pour le fonctionnement d'un moteur de préférence à celle 1/50 ; de même le fonctionnement correspondant à l'introduction 1/4 serait préférable à celui avec introduction 1/20 à consommation égale, parce que le moteur fournirait plus de force à dimensions égales ou à forces égales ; il aurait de moindres dimensions dans le premier cas que dans le deuxième.

Dans le tableau qui précède nous avons indiqué les températures de la vapeur à la fin de la détente. Si la détente avait été complète, la température de la vapeur après cette détente aurait été égale à celle du condenseur ; mais la détente étant incomplète, la température t'' de la vapeur à la fin de la détente est plus élevée que celle qui existe dans le condenseur, et il y a une

Tableau n° 1.

INTRODUCTION		Poids de vapeur total théorique dépensé par heure	Poids de vapeur total condensé à l'admission par heure	Force en chevaux produite	Poids de vapeur théorique dépensée par cheval-heure	Poids de vapeur condensée à l'admission par cheval-heure	Dépense totale de vapeur par cheval-heure	Pression de la vapeur à la fin de la détente	Température de la vapeur à la fin de la détente	Valeurs de $\frac{Q - Q'}{Q}$	Valeurs de $\frac{T - T'}{T}$	Valeurs de $\frac{\frac{Q - Q'}{Q}}{\frac{T - T'}{T}}$
en fractions de la course	en centièmes de la course											
		kg	*kg*	*ch*	*kg*	*kg*	*kg*	*atm*	°			
1/50	0,02	307,4	709,9	94,3	3,260	7,523	10,783	0,160	56	0,096	0,281	0,343
1/20	0,05	768,6	»	206,6	3,720	3,448	7,168	0,400	76,25	0,145	»	0,500
1/15	0,067	1 025	»	258,5	4,000	2,726	6,726	0,536	83,5	0,154	»	0,550
1/12	0,083	1 281	»	305,8	4,190	2,321	6,511	0,664	89	0,159	»	0,567
1/10	0,100	1 537,9	»	350	4,390	2,028	6,418	0,800	93,88	0,162	»	0,578
1/8	0,125	1 921	»	410,6	4,670	1,728	6,398	1,000	100	0,162	»	0,578
1/6	0,167	2 562	»	498,7	5,140	1,423	6,563	1,336	108,5	0,158	»	0,567
1/5	0,200	3 074,4	»	562	5,477	1,263	6,740	1,600	114	0,154	»	0,550
1/4	0,250	3 843	»	643,8	6,000	1,102	7,102	2,000	120,6	0,146	»	0,500
1/3	0,333	5 124	»	758	6,770	0,936	7,706	2,667	130,2	0,135	»	0.482
1/2	0,500	7 686	»	919,4	8,360	0,772	9,132	4,000	144	0,114	»	0,407
1	1	15 372	»	1 088,3	14,130	0,652	14,782	8,000	170,8	0,070	»	0,250

perte de travail par suite de détente incomplète qui est égale à

$$T_p = \frac{P''V'}{K-1}\left\{1-\left(\frac{P'}{P''}\right)^{\frac{K-1}{K}}\right\} - P'V'' \text{ (fig. 1)};$$

et si on pose $\frac{T_p}{425}$ on a le nombre de calories qui au lieu d'avoir produit du travail sont envoyées directement au condenseur et perdues pour le moteur.

Si nous supposons qu'on puisse chauffer gratuitement l'eau d'alimentation qui doit être introduite dans la chaudière, et qu'on la porte à la température t'' avant son injection dans cette dernière, de façon à lui donner ainsi une quantité de chaleur précisément égale à celle perdue par détente incomplète, la perte ci-dessus pourra être notablement réduite, et le rendement thermique du moteur devra augmenter sensiblement, puisque la dépense totale de chaleur à effectuer pour la production de la force motrice sera moins élevée de la différence $t'' - t'$ des températures de la vapeur à la fin de la détente et du condenseur.

En effectuant cette recherche pour chacune des introductions du tableau n° 1, on trouve les résultats qui sont consignés dans le tableau n° 2 suivant :

Tableau n° 2.

INTRODUCTION	TEMPÉRATURE de LA VAPEUR à la fin DE LA DÉTENTE	VALEURS DE $\frac{Q-Q'}{Q}$	VALEURS DE $\frac{T-T'}{T}$	VALEURS DE $\frac{\frac{Q-Q'}{Q}}{\frac{T-T'}{T}}$
1/50	56°	0,098	0,281	0,350
1/20	76,25	0,152	»	0,543
1/15	83,5	0,165	»	0,589
1/12	89	0,171	»	0,610
1/10	93,88	0,176	»	0,628
1/8	100	0,178	»	0,635
1/6	108,5	0,176	»	0,628
1/5	114	0,173	»	0,617
1/4	120,6	0,166	»	0,588
1/3	130,2	0,156	»	0,557
1/2	144	0,136	»	0,485
1	170,8	0,088	»	0,314

D'après le tableau ci-dessus, on voit que le rendement du moteur, d'abord très peu supérieur à celui du tableau précédent

pour les grandes détentes, augmente à mesure que l'introduction augmente et que la détente diminue, et qu'il atteint son maximum lorsque l'introduction est égale à 1/8 de la course du piston.

Le rendement maximum n'est ici que 0,635 0/0 du rendement théorique. Ce résultat est dû, de même d'ailleurs que ceux qui ont été inscrits dans le tableau n° 1, à ce qu'il y a une consommation additionnelle par suite de la condensation initiale à l'admission causée par la présence et l'action des parois. Si ces parois étaient sans action sur la vapeur introduite, le rendement maximum serait obtenu lorsque la détente serait poussée jusqu'à sa limite théorique, et pour l'introduction égale à 1/8 de la course du piston ce rendement serait alors :

$$\frac{636,3}{(658,597 - 100,5)\ 4,67} = 0,2433,$$

et

$$\frac{0,2433}{0,281} = 0,865.$$

Ainsi, par suite de l'action des parois, le rendement est égal à 0,635 0/0 au lieu de 0,865 0/0 qu'on pourrait obtenir si cette action n'existait pas, et ceci en admettant que l'eau d'alimentation ait été portée préalablement à la température de 100°, car autrement, s'il n'en était pas ainsi, le rendement pratique maximum ci-dessus serait plus faible et n'atteindrait alors que 0,790 0/0 du rendement théorique au lieu de 865.

D'après le tableau n° 2, on peut remarquer que le rendement varie très peu entre les introductions égales à 1/12 et 1/5 de la course du piston et que, par conséquent, la force du moteur peut varier dans de certaines limites sans que sa consommation augmente ou varie d'une façon sensible.

Ainsi que nous venons de le constater, il y aurait intérêt à élever la température de l'eau d'alimentation avant de l'introduire dans la chaudière et, d'autre part, il y a également intérêt à réduire les condensations à l'admission.

Cette augmentation de la température de l'eau d'alimentation ne sera économique et ne contribuera à l'augmentation du rendement du moteur qu'autant qu'elle sera effectuée sans dépense nouvelle de chaleur; c'est-à-dire qu'elle devra être effectuée aux dépens de la chaleur que contient encore la vapeur après la fin de la détente dans le cylindre, et elle donne, dans l'exemple ci-dessus, un bénéfice égal à :

$$\frac{0,635 - 0,578}{0,635} = 0,089\ 0/0$$

sur le rendement obtenu sans chauffage préalable, c'est-à-dire en alimentant avec de l'eau ayant la température du condenseur.

Quant à la réduction des condensations internes à l'admission de la vapeur dans les cylindres des moteurs, on est arrivé à l'obtenir en employant des cylindres de petites dimensions, dans lesquels la vapeur est admise avant de pénétrer dans les grands cylindres.

Ce système présente de grands inconvénients que nous avons déjà établis, dont le principal est qu'il fait perdre une notable partie de la force que le moteur devrait fournir, parce que si la condensation initiale intense est réduite à l'admission dans le petit cylindre, il existe une autre condensation qui se produit lorsque la vapeur sortant du petit cylindre entre dans le grand, et comme cette vapeur a un certain poids et une pression déterminée par le travail de détente qu'elle a effectué dans le premier cylindre, toute condensation interne qu'elle subit après cette première détente a pour résultat de diminuer sa pression et de réduire le poids présent de vapeur avant qu'elle entre dans le deuxième cylindre, et, par conséquent, de diminuer le travail que cette vapeur aurait encore pu fournir. Ceci rend, sous le rapport de la production de la force, à dimensions et à introduction égales, les moteurs à plusieurs cylindres, à détente partagée, inférieurs aux moteurs à un seul cylindre. (Note *b*.)

La perte due à la condensation interne entre les cylindres varie avec le rapport de ces derniers entre eux : elle est maximum pour le plus grand rapport qui serait dans le cas d'une introduction de un huitième égal à huit, et elle devient nulle lorsque les travaux développés par la vapeur pendant l'introduction à pleine pression et la détente sont effectués dans le premier cylindre seul, parce qu'alors la condensation interne est sans effet sensible sur la vapeur qui s'introduit dans le deuxième cylindre, lequel n'a plus à produire qu'un travail à pression constante, sous une pression peu élevée. Ce résultat est obtenu lorsque le rapport des cylindres est égal à 1, c'est-à-dire lorsque le premier et le deuxième cylindres sont d'égales dimensions ; la figure 2 indique le fonctionnement de chacun des deux cylindres dans ce cas. (Voyez note *b*.)

De ce que la condensation interne est sans influence sur le travail que peut produire le moteur à deux cylindres, rapport 1, il s'ensuit que si on fait circuler sur le parcours de la vapeur se rendant du premier cylindre au deuxième, l'eau d'alimentation destinée à être introduite dans la chaudière, on pourra élever sa

température jusqu'à ce qu'elle approche celle que possède la vapeur à la fin de la détente, et on pourra alors réaliser le fonctionnement que nous avons établi ci-dessus, qui permettra d'obtenir un rendement thermique plus élevé ; la condensation interne à l'introduction dans le premier cylindre sera aussi réduite dans une certaine mesure par le fait de la réduction de la différence des températures extrêmes dans le premier cylindre, et contribuera également à augmenter le rendement thermique pratique du moteur.

Le tableau n° 3 indique les conditions de fonctionnement d'un moteur placé dans ces conditions pour des introductions variant de un douzième à un quart de la course du piston, en tenant compte de la résistance à l'écoulement de la vapeur, qui passe du premier cylindre dans le deuxième, évaluée à 0,050 atmosphère, c'est-à-dire que la contrepression sur le premier piston sera de 0,050 atmosphère plus élevée que la pression de la vapeur admise dans le deuxième cylindre.

A l'examen du tableau n° 3, on voit que les forces en chevaux développées sont moins élevées à introductions égales que celles que fournissait le moteur à un cylindre, ce qui est dû à la résistance qu'oppose le fluide pour passer du premier cylindre dans le deuxième.

La consommation de vapeur par cheval-heure a diminué parce que la différence des températures limites dans le premier cylindre est moins grande que celle qui a lieu dans le moteur à un seul cylindre, et il s'ensuit que la condensation interne à l'admission est moins importante de la différence que donne la colonne 11 du tableau 3 avec la colonne 4 du tableau 1. La différence des températures limites ou extrêmes est pour le moteur à un cylindre égale à 170,8 — 46,2 = 124°,6, tandis que pour le moteur à deux cylindres, cette différence qui est variable avec la détente est moins élevée et est donnée par la colonne 10 du tableau n° 3.

Le coefficient $\frac{Q - Q'}{Q}$ est plus élevé ici qu'il ne l'était pour le moteur à un cylindre d'après le tableau n° 1. Cela tient à ce que l'eau d'alimentation reçoit de la chaleur et augmente de température avant son introduction dans la chaudière. Il est également supérieur à ceux qui sont inscrits dans le tableau n° 2, et cela est dû à ce que la condensation interne initiale à l'admission ayant diminué la consommation par cheval-heure exige moins de kilogrammes de vapeur.

Tableau n° 3.

INTRODUCTION		Poids de vapeur théorique dépensé par heure.	Pression à la fin de la détente dans le premier cylindre.	Température de la vapeur à la fin de la détente.	Chute de pression due à la condensation interne de la vapeur entre les deux cylindres.	Proportion de vapeur condensée.	Température de l'eau d'alimentation.	Pression de la vapeur à l'introduction dans le deuxième cylindre.	Différence des températures extrêmes dans le premier cylindre.	Poids de vapeur condensée à l'introduction dans le premier cylindre par heure.	Travail développé dans le premier cylindre.	Travail développé dans le deuxième cylindre.	Travail total développé dans les deux cylindres.	Consommation de vapeur par cheval-heure.	Valeurs de $\frac{Q-Q'}{Q}$	Valeurs de $\frac{\frac{Q-Q'}{Q}}{\frac{T-T'}{T}}$
en fractions de la course.	en centièmes de la course.															
		kg	*atm*	°	*atm*		°	*atm*	°	*kg*	*ch*	*ch*	*ch*			
1/12	0,083	1281	0,664	89	0,189	0,268	80,5	0,475	90,3	509	249	50	299	5,986	0,183	0,651
1/10	0,100	1537,9	0,800	93,88	0,242	0,267	85,5	0,558	85,3	486,2	281,8	61,2	343	5,900	0,188	0,669
1/8	0,125	1921,5	1,000	100	0,282	0,263	91	0,718	80,4	458,8	321,4	82,4	403,8	5,897	0,190	0,679
1/6	0,167	2562	1,336	108,5	0,316	0,228	100,5	1,020	70,3	400,7	369,6	122,6	492,2	6,019	0,189	0,674
1/5	0,200	3074,4	1,600	114	0,322	0,194	107	1,278	63,8	383,7	397,6	157	554,6	6,199	0,185	0,658
1/4	0,250	3843	2,000	120,6	0,384	0,178	114	1,616	56,8	323,7	438,6	202,1	640,7	6,503	0,180	0,640

Le rendement $\frac{\frac{Q-Q'}{Q}}{\frac{T-T'}{T}}$ est ici plus élevé que ceux inscrits dans les tableaux 1 et 2, ce qui devait être, puisque $\frac{Q-Q'}{Q}$ est plus grand; et pour l'admission de 1/8, qui est encore ici celle qui correspond au fonctionnement le plus économique, on trouve qu'il en résulte un bénéfice de $\frac{0,679-0,578}{0,679} = 0,1487$, soit près de 0,15 0/0.

Il faut aussi remarquer que les rendements sont d'autant plus élevés par rapport à ceux du tableau n° 1 que l'introduction est plus grande et la détente moins étendue et que, d'autre part, les divers rendements trouvés pour les introductions variant de 1/12 à 1/4 ne présentent pas une bien grande différence entre eux, de sorte que la consommation de combustible par cheval-heure doit être à peu près constante entre ces limites.

Il en résulte donc qu'au point de vue des dépenses d'achat et de premier établissement, il y aurait tout intérêt, à force égale, à prendre un moteur ayant une détente réduite, c'est-à-dire une introduction de 1/6 à 1/4, parce qu'alors ses dimensions seraient plus réduites et son prix moins élevé (Note *a*). La chaudière garderait toujours les mêmes dimensions, quoiqu'elle doive produire plus de vapeur pour l'introduction 1/4 que pour celle 1/8, parce que, dans les deux cas, le foyer aurait à très peu près la même somme de chaleur à fournir à l'eau pour sa vaporisation et que, par conséquent, la surface de chauffe devrait être la même également.

Ainsi, nous voyons que, par une application de chaleur à l'eau avant son introduction dans la chaudière, le rendement des moteurs peut être augmenté dans de notables proportions; mais il est évident que cette application de chaleur doit être gratuite, c'est-à-dire qu'elle doit être effectuée aux dépens de la chaleur contenue dans la vapeur qui se rend au condenseur, après que celle-ci a fourni *tout le travail* qu'elle peut produire.

On remarquera que, d'après le tableau n° 3, la température de l'eau d'alimentation, après cette application de chaleur, n'est pas aussi élevée que celle que possède la vapeur à la fin de la détente. Cela provient de ce que, d'une part, il faut, pour élever la température de cette eau, condenser un certain poids de vapeur,

laquelle condensation donne lieu à une chute de température de 2 à 3°, et que, d'autre part, lorsque la vapeur pénètre dans le deuxième cylindre, elle rencontre des parois qui viennent d'être refroidies pendant la période d'échappement au condenseur et il s'en condense, pour réchauffer lesdites parois, une notable partie qui n'atteint pas moins de 0,156 0/0 du poids de vapeur présent pour l'introduction de 1/8 dans le premier cylindre. D'après le tableau n° 3, le poids total de vapeur condensée pendant le passage du premier cylindre au deuxième est égal pour cette introduction à 0,263 0/0; la condensation due à l'application de la chaleur à l'eau d'alimentation pour élever sa température est donc égale à 0,263 — 0,156 = 0,107 0/0.

Sur le tableau ci-dessus on voit que pour chacune des introductions examinées la force en chevaux développée dans le deuxième cylindre est de beaucoup inférieure à celle développée dans le premier et que cette différence des forces est moins grande pour les grandes introductions que pour les petites. On voit aussi que la condensation interne à l'admission dans le premier cylindre a diminué par suite du moindre écart des températures extrêmes dans ce cylindre, et que par conséquent il serait possible d'ajouter un troisième cylindre de dimensions plus réduites que celles des deux autres, lequel permettrait de fractionner le travail produit dans le premier cylindre seul en deux parties distinctes, et aussi d'obtenir un rendement plus élevé parce que la condensation initiale interne serait alors considérablement réduite. Ce moteur serait donc composé dans ce cas d'un premier cylindre de petites dimensions, d'un deuxième cylindre de dimensions plus grandes, et d'un troisième cylindre de mêmes dimensions que le deuxième.

Nous rappellerons qu'ici même nous avons établi quel devait être le rapport des cylindres à vapeur entre eux pour que le travail produit dans chacun d'eux, soit maximum, relativement à leur poids, leurs dimensions et leur surface, et ce rapport est égal à 2,718. Nous l'adopterons donc dans le cas qui nous occupe pour le rapport des volumes entre les deux premiers cylindres et nous aurons alors pour l'introduction relative correspondant à 1/8 les chiffres du tableau suivant :

Tableau n° 4.

INTRODUCTION				
relative par rapport au deuxième cylindre.			1/8	
réelle dans le premier cylindre.	%		0,338	
Poids de vapeur théorique dépensé par heure.	kg		1921	
Poids de vapeur condensé à l'admission par heure.	kg		94,4	
Différence des températures internes dans le premier cylindre.	°		45	
Pression à la fin de la détente dans le premier cylindre.	atm		2,704	
Pression à l'introduction dans le deuxième cylindre.	atm		2,404	
Pression à la fin de la détente dans le deuxième cylindre.	atm		0,894	
Pression à l'introduction dans le troisième cylindre.	atm		0,700	
Température de l'eau d'alimentation.	°		90	
Travail développé dans le premier cylindre.	ch		161	
Travail développé dans le deuxième cylindre.	ch		136,2	
Travail développé dans le troisième cylindre.	ch		80	
Travail total développé dans le troisième cylindre.	ch		377,2	
Dépense de vapeur par cheval-heure.	kg		5,343	
Valeur de $\frac{Q - Q'}{Q}$				0,209
Valeur de $\frac{\frac{Q - Q'}{Q}}{\frac{T - T'}{T}}$				0,747

On remarque sur le tableau n° 4 que la force en chevaux, qui était pour le moteur à un cylindre égale à 410,6 *ch* et pour celui à deux cylindres égale à 403,8 *ch* est tombée ici à 377,2 *ch*. Cela provient de ce que lorsque la vapeur passe du premier au deuxième cylindre il y a une chute de pression due à la condensation partielle de cette vapeur au contact des parois du deuxième cylindre qui sont à une température inférieure et qu'il faut échauffer jusqu'à ce qu'elles soient en équilibre de température avec le fluide qu'elles reçoivent. Il y a donc élévation de température des parois, condensation partielle de la vapeur qu'elles renferment et, par suite, diminution de pression et de température de la vapeur restante et aussi diminution du travail qui devrait être produit. Il y a également une résistance due à l'écoulement du fluide qui passe du premier au deuxième cylindre, et par conséquent, il se produit sur le petit piston une contrepression plus élevée que la pression qui existe pour le piston du deuxième cylindre, et cela contribue à la diminution de force que nous trouvons ci-dessus, mais pour une faible partie seulement, à moins que les orifices des canaux de vapeur n'aient des sections insuffisantes, auquel cas la force produite serait beaucoup moindre et la consommation plus élevée.

Malgré cette perte de force le rendement de ce moteur est plus élevé que ceux que nous avons trouvés jusqu'à présent, et cela est dû à ce que la condensation initiale interne dans le premier cylindre est considérablement réduite, parce que les écarts des températures internes sont moins importants que précédemment et que, d'autre, part l'étendue de la surface des parois du premier cylindre est de beaucoup inférieure à celle des autres moteurs examinés. Or, ici cette diminution de la consommation additionnelle due à la condensation interne étant relativement beaucoup plus grande que la diminution de la force en chevaux que subit le moteur, il en résulte que la consommation de vapeur par cheval-heure est plus favorable, et cette consommation pourrait encore plus réduite, si on diminuait l'introduction et augmentait la détente.

Si nous comparons le rendement obtenu ici à celui du moteur à un cylindre, nous trouvons que le bénéfice est de :

$$\frac{0{,}747 - 0{,}578}{0{,}747} = 0{,}226\ 0/0.$$

Comparé à celui que donne le moteur à deux cylindres, on a :

$$0{,}226 - 0{,}1478 = 0{,}078\ 0/0$$

de bénéfice sur ce dernier moteur, et ce bénéfice est entièrement

dû à la réduction de la condensation interne à l'admission, parce que cette admission se fait ici dans un cylindre de dimensions beaucoup plus réduites.

Cependant la consommation de vapeur pourrait augmenter si par exemple on augmentait l'admission et diminuait la détente, sans que le rendement diminuât sensiblement, c'est-à-dire sans que la consommation de combustible par cheval-heure soit augmentée, parce que d'autre part l'eau d'alimentation serait alors introduite dans la chaudière à une température plus élevée. Le rendement thermique dépendant essentiellement de la quantité de chaleur dépensée, il peut se faire qu'un moteur ayant une dépense de vapeur plus élevée qu'un autre moteur ait cependant un rendement également plus élevé, si, malgré ce surcroît de dépense de vapeur, la dépense de chaleur est inférieure à celle du deuxième moteur.

Nous savons que si la condensation initiale interne n'existait pas, la détente pourrait être poussée aussi loin que la théorie l'indique. Il s'ensuit que les moteurs qui ont des condensations initiales réduites, comme c'est le cas ci-dessus, peuvent avoir des détentes plus étendues, et on trouve effectivement, en faisant des recherches sur ce sujet par le procédé que nous avons employé plus haut, que le fonctionnement le plus économique de ces moteurs répond à une introduction plus réduite et une plus grande détente que pour les moteurs où la condensation initiale interne est considérable.

Le rendement thermique des moteurs, quels qu'ils soient, à un ou à plusieurs cylindres, est toujours inférieur à 1, parce que la consommation additionnelle due à la condensation initiale interne augmente la quantité de chaleur dépensée, et cela sans profit aucun pour le moteur ou la force qu'il doit développer.

Dans le cas le plus favorable, c'est-à-dire si on parvenait à supprimer cette condensation à l'admission, la chaleur utilisée serait au maximum égal à 0,281 0/0 de celle dépensée, et il n'y aurait pas possibilité d'obtenir un résultat plus élevé, quoi qu'on fasse.

Pour le fonctionnement pratique qui utilise le mieux la chaleur, nous avons vu ci-dessus qu'on ne pouvait obtenir un rendement plus élevé que celui qui correspond à 0,747 0/0 de celui théorique, et le rendement réel devient alors $0{,}747 \times 0{,}281 = 0{,}2099$, soit 0,21 0/0. Ainsi, dans le cas du meilleur fonctionnement examiné ici des moteurs à vapeur, la chaleur utilisée, c'est-à-dire

transformée en travail, est égale au maximum à 0,21 0/0 de celle dépensée.

La chaleur totale qu'il faut communiquer à l'eau pour sa transformation en vapeur étant composée de la somme de plusieurs chaleurs, dont l'une, appelée chaleur de désagrégation, est sans effet utile pour le moteur, et a une valeur plus grande pour les basses pressions que pour celles plus hautes, on conçoit qu'on ne puisse utiliser qu'une certaine partie de la chaleur dépensée et que la fraction de chaleur utilisée sera d'autant plus grande que la pression sera plus élevée.

On ne peut donc utiliser dans les moteurs que la chaleur externe qui est dépensée pendant la période d'introduction à pleine pression, et pendant la détente une autre fraction de la chaleur que contient la vapeur après que son introduction dans le cylindre a cessé. Cette dernière fraction de chaleur utilisée est d'autant plus grande que la pression initiale est plus élevée et la détente plus étendue; mais nous avons vu que les détentes pratiques sont loin d'avoir l'importance que leur assigne la théorie, et il y a de ce fait une certaine partie de la chaleur qui devrait être transformée en travail pendant la détente, qui est perdue dans les moteurs actuels, en sorte que le rendement de ces derniers est de beaucoup inférieur à celui égal à 0,21 0/0 que nous avons établi ci-dessus.

Mais si cette chaleur, qui n'a pu être utilisée et transformée en travail, est restituée à la chaudière au lieu d'être évacuée au condenseur, la perte de chaleur ci-dessus peut être non pas annulée, mais réduite sensiblement, ainsi que nous l'avons établi plus haut. Nous disons que cette perte n'est pas annulée, quoique, lorsqu'on ne considère que la chaleur utilisée dans le moteur pour être transformée en travail, il n'y ait aucune perte, si on rend à la chaudière exactement la chaleur qui n'a pas été dépensée; mais, si on considère la chaleur totale dépensée pour la production du kilogramme de vapeur, on s'aperçoit bien que dans ce cas la chaleur utilisée avec détente réduite dans le cylindre du moteur est, malgré la restitution de chaleur faite à la chaudière par l'eau d'alimentation portée à haute température, proportionnellement plus petite que lorsque la détente est complète, et par conséquent il y a forcément diminution du rendement. Cela est dû principalement à ce que l'eau d'alimentation prend une température inférieure de quelques degrés à celle qui correspond à la pression de la vapeur à la fin de la détente, et non la température exacte de cette vapeur.

Nous pouvons mettre, afin de les mieux comparer, les résultats que nous avons trouvés plus haut, sous forme de tableau, et nous aurons :

	Dépense de vapeur par cheval-heure.	$\frac{Q-Q'}{Q}$	$\frac{\frac{Q-Q'}{Q}}{\frac{T-T'}{T}}$
	—	—	—
Machine à 1 cylindre .	6,398	0,162	0,578
Machine à 2 cylindres.	5,897	0,190	0,679
Machine à 3 cylindres.	5,343	0,209	0,747

Nous voyons que le rendement a augmenté avec le nombre de cylindres et que la consommation a diminué.

Cette augmentation du rendement provient principalement de ce que nous pouvons, par l'emploi de plusieurs cylindres, donner à l'eau d'alimentation une température relativement élevée et complètement gratuite. Elle provient également, mais pour une part plus faible, de la réduction de la condensation initiale interne à l'admission dans un cylindre de plus petites dimensions, et cela explique l'intérêt qu'on a porté aux moteurs à plusieurs cylindres, quoique, en pratique, les consommations obtenues de ces derniers ne soient que très peu différentes de celles qu'on obtient des moteurs à un cylindre et soient quelquefois plus élevées.

La cause principale qui intervient pour modifier la détente, de telle sorte que les détentes pratiques répondant au minimum de consommation des moteurs à vapeur sont loin d'être celle que la théorie indique, est l'action des parois et la condensation initiale interne qui en résulte. C'est cette action également qui a amené à l'emploi de plusieurs cylindres, dans le but de la réduire ; mais ce n'est là qu'un moyen imparfait : car si la condensation est réduite dans le premier ou petit cylindre, il en existe une autre quelquefois très importante dans le deuxième ou grand cylindre, qui est telle que la force du moteur peut être modifiée considérablement et sa consommation plus élevée que s'il n'avait qu'un seul cylindre, surtout lorsque le moteur a de petites dimensions et un grand rapport entre ses cylindres.

Il y aurait donc un très grand intérêt théorique pour la construction des cylindres à trouver une matière telle qu'elle pût être sans action sur la vapeur contenue entre ses parois et que la condensation interne initiale soit évitée. Si une pareille matière existait, la consommation du moteur à vapeur pourrait être améliorée notablement tout en n'ayant qu'un seul cylindre dans

lequel on pourrait opérer une détente complète, ou au moins très étendue, car, actuellement, la seule cause des détentes réduites qu'il faut faire, si on ne veut pas s'exposer à des consommations excessives, provient de l'action des parois ; si cette action n'existait pas, il serait complètement inutile de faire passer successivement la vapeur dans plusieurs cylindres avec une détente partielle dans chacun d'eux. Il faudrait donc que cette matière fût insensible aux changements de température ou qu'elle ne nécessitât que très peu de chaleur pour passer de la plus haute température interne à la plus basse.

Il est utile de remarquer que les moteurs sans condensation, dans lesquels la vapeur d'échappement sert au chauffage de l'eau d'alimentation, sont précisément, au point de vue du rendement thermique pratique, supérieurs aux moteurs à condensation, et que dans ces derniers le rendement n'atteint la valeur 0,578 0/0, que nous avons trouvée dans le tableau n° 1, que parce que nous avons admis que l'alimentation était effectuée avec de l'eau provenant de la condensation. Si l'eau d'alimentation était prise à une autre source et à la température moyenne de 15°, comme cela a lieu souvent, ce rendement aurait été moins élevé et l'avantage relatif qu'on aurait trouvé à chauffer l'eau d'alimentation de la façon que nous avons indiquée aurait été plus grand.

Les conséquences pratiques du fonctionnement des moteurs, tel que nous l'avons indiqué plus haut, sont de plusieurs espèces:

1° La quantité de chaleur à dépenser sur la grille par cheval-heure est moins grande lorsqu'on introduit dans la chaudière de l'eau ayant déjà une température initiale élevée, que lorque cette eau est introduite ayant une basse température. Il y a donc de ce fait économie de combustible ;

2° La quantité de chaleur à transmettre à travers les parois de la chaudière est moins grande lorsqu'on introduit dans cette chaudière de l'eau possédant préalablement une température initiale élevée, que lorsque cette eau est introduite ayant une basse température. Il n'est donc pas nécessaire dans ce cas que la chaudière ait une surface de chauffe aussi considérable à production de vapeur égale, que lorsque l'eau n'est pas chauffée préalablement, et il y a économie d'emplacement et d'achat de ladite chaudière ;

3° La quantité de chaleur contenue dans la vapeur d'échappement de la machine est moins grande lorsque cette vapeur a servi au chauffage de l'eau d'alimentation, que lorsque ce chauffage n'a

pas eu lieu. Il en résulte donc, pour l'appareil de condensation, qu'il n'a pas besoin d'avoir d'aussi grandes dimensions s'il est à surface, et qu'il consommera moins d'eau, puisqu'il aura moins de calories à recevoir, qu'il soit à surface ou à mélange ;

4° L'alimentation de la chaudière étant effectuée avec de l'eau à une haute température relative, au lieu d'être faite avec de l'eau à basse température, il n'y a plus à craindre à son intérieur des différences de température comme cela se voit quelquefois, et qui ont pour conséquence de provoquer des dilatations inégales dans cet appareil. Cet inconvénient est tel que, dans certains cas, il a fallu procéder au chauffage spécial de l'eau avant de l'introduire dans la chaudière ou à son brassage ensuite, pour éviter de graves accidents qui ne sont plus à redouter lorsque l'eau d'alimentation possède déjà une température relativement élevée avant son introduction dans le générateur de vapeur.

Note A.

Il est utile d'examiner si, au point de vue pratique, il y a lieu de chercher à réaliser des détentes complètes ainsi que cela devrait théoriquement se faire. Remarquant qu'un kilogramme de vapeur introduit dans un cylindre produit à pleine pression un certain travail qui peut être représenté par 1, ce travail pourra être notablement augmenté en faisant usage de la détente, et pourra devenir égal à 4,912 et 3,302, d'après les tableaux en usage pour le calcul des moteurs à vapeur, selon que la détente sera poussée jusqu'à 50 fois le volume initial de vapeur introduite dans le cylindre, ou seulement jusqu'à 10 fois ce volume. Le bénéfice obtenu en faisant usage de la grande détente par rapport à la détente réduite serait donc égal à :

$$\frac{4,912 - 3,302}{4,912} = 0,309. \text{ soit } 0,31\ 0/0.$$

Le poids de vapeur introduit étant le même dans les deux cas, la consommation serait donc moins élevée à grande détente qu'à détente réduite, et dans le même rapport.

Mais il faut remarquer que pour réaliser cette grande détente, il sera nécessaire d'avoir un cylindre d'un volume cinq ou six fois plus grand que celui nécessaire pour le cylindre dans lequel on fera usage de la détente réduite, et il y aura de ce chef de plus grands frottements ; de plus, le moteur devra avoir tous ses organes augmentés proportionnellement et sera plus volumineux ; enfin il faudra faire usage d'un volant beaucoup plus puissant pour régulariser le mouvement, que lorsqu'on emploiera la détente réduite, ce qui créera des frottements plus importants. Il résulte donc de ces considérations que le rendement du moteur, c'est-à-dire le travail disponible sur l'arbre par rapport au travail développé dans le cylindre, sera plus élevé pour le moteur à détente réduite que pour celui à grande détente, et cela réduira sensiblement sur l'arbre le bénéfice de 0.31 0/0 trouvé ci-dessus pour le travail indiqué dans le cylindre; puis d'autre part l'encombrement et le prix d'achat du moteur à grande détente, ainsi que celui de son installation, seront certainement plus considérables que pour le moteur à détente réduite, et même en faisant abstraction de la dépense additionnelle due à la condensation interne, c'est-à-dire à l'action des parois, il est visible que le bénéfice réel obtenu serait, en définitive, peu important, pour ne pas dire à peu près nul, car il y aurait en outre à tenir compte d'autres causes accessoires qui interviennent également pour le réduire, telle par exemple que le travail de contrepression du condenseur, qui sera beaucoup plus important dans le moteur à grande détente que dans celui à détente réduite, par suite même des dimensions du cylindre.

On peut donc poser en principe que même en ne tenant pas compte de l'action des parois, il ne peut y avoir aucun avantage à faire usage des grandes détentes. Au point de vue purement industriel, l'obligation de tenir compte des condensations internes à l'admission s'impose, et doit faire repousser l'emploi des moteurs à grande détente si on ne veut être exposé à des consommations excessives, et les détentes modérées devront seules être admises comme étant celles répondant aux consommations les plus favorables, ainsi que cela se vérifie en pratique.

Note B.

Dans les moteurs à plusieurs cylindres, le travail total que doit fournir un kilogramme de vapeur est réparti entre les cylindres dans lesquels cette vapeur passe successivement en se détendant plus ou moins selon les dispositions, dimensions et rapports de cylindres adoptés. Quelquefois même la vapeur est introduite dans le premier cylindre dans lequel il ne se produit aucune détente, et la détente se fait ensuite dans le ou les cylindres suivants. Il résulte de ce mode de fonctionnement que le travail total que doit fournir un kilogramme de vapeur est représenté par la somme des travaux partiels développés dans chacun des cylindres séparément, et, pour l'évaluer, on assemble les diagrammes obtenus sur chaque cylindre pour en former un diagramme, dit totalisé. On devrait donc retrouver en fin de compte un diagramme totalisé ayant la forme de ceux des figures nos **1** et **2**, mais en pratique cela n'est jamais obtenu.

Traçons figures **4** et **4** *bis* un diagramme théorique tel que ceux obtenus sur les moteurs à un cylindre, nous pourrons le diviser en plusieurs parties qui correspondront chacune au travail partiel produit dans deux ou plusieurs cylindres et il n'y aura rien de changé à ce diagramme théorique. Mais maintenant si nous examinons ce qui se passe dans un moteur en marche, nous verrons que lorsque la vapeur passe du premier au deuxième cylindre, elle rencontre dans ce dernier des parois ayant une température inférieure à celle propre qu'elle possède et que par ce fait il s'en condensera une certaine partie à l'introduction, nécessaire pour élever la température desdites parois. Le poids de vapeur entrant au deuxième cylindre sera donc devenu plus faible ou inférieur à celui sorti du premier cylindre et, par conséquent, le travail que ce poids réduit de vapeur fournira dans le deuxième cylindre sera diminué dans le même rapport que le poids de vapeur qui aura été condensée à l'admission pour le réchauffage des parois. La perte qui en résulte est, en représentant par A le travail dans le premier cylindre, B le travail dans le deuxième, E la diminution de contre-pression sur le premier piston, exprimée par la surface D représentant la différence existant entre le diagramme théorique et le diagramme réel obtenu en pratique.

Si on fait varier le rapport des cylindres, on reconnait que, pour de grands rapports, le travail que doit produire le deuxième cylindre étant important par rapport à celui que doit produire le premier la différence ou perte D est considérable ; cette perte diminue avec le rapport des cylindres et avec le travail que doit fournir le deuxième cylindre, ce qui se conçoit *à priori* puisque la vapeur qui s'introduit au deuxième cylindre subit une condensation à l'admission qui a pour résultat de diminuer son poids; moins cette vapeur aura de travail à fournir dans le deuxième cylindre et moins la perte D sera importante, comme le montrent les diagrammes **4** et **4** *bis*, pour devenir nulle lorsque le rapport

Fig 1.

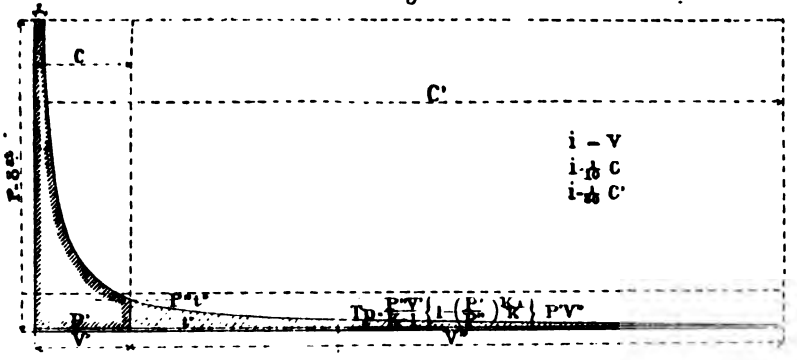


Fig. 4.

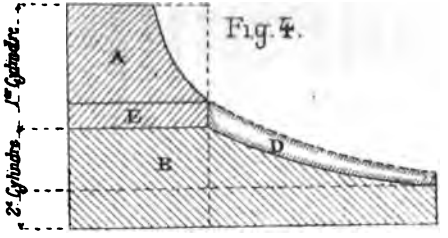


Fig 4bis

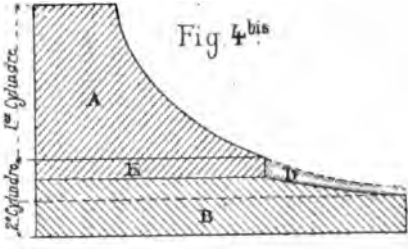


Fig. 2.

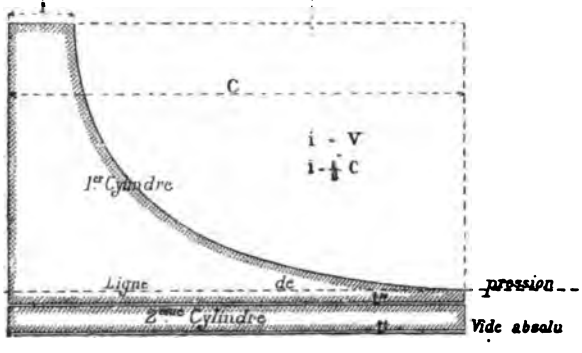
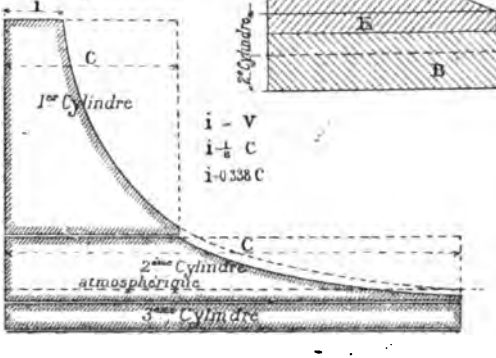


Fig 3.



pression

Vide absolu

des cylindres sera égal à 1, parce que, dans ce dernier cas, quelle que soit la condensation que subira la vapeur à son passage du premier au deuxième cylindre, comme elle n'a plus aucun travail de détente à fournir dans ce dernier, ce travail ne peut être affecté en aucune façon par une condensation quelconque qui n'a pour résultat que de faire changer les travaux partiels dans chacun des cylindres respectivement sans diminution pour le travail total que le moteur doit fournir, ainsi que le montre la figure n° 2.

C'est pour cette raison que, lorsque le rapport des cylindres est égal à 1, on peut se servir de la vapeur passant du premier au deuxième cylindre pour élever la température de l'eau d'alimentation d'une façon utile pour le moteur, tandis que si on prenait de la vapeur sortant du premier cylindre d'une machine compound pour chauffer l'eau d'alimentation, il en résulterait une condensation importante qui aurait pour effet de diminuer le poids de vapeur qui doit entrer dans le deuxième cylindre pour s'y détendre ; il y aurait alors diminution notable du travail qui devrait être produit et par suite perte de force du moteur sans aucun profit, car les calories fournies à l'eau d'alimentation pour élever sa température seraient précisément celles qui auraient dû être transformées en travail par détente dans le deuxième cylindre. Il est donc essentiel, dans les machines compound, de réduire le plus possible les condensations internes au passage de la vapeur du premier au deuxième cylindre, dans l'intérêt du rendement mécanique du moteur.

ÉTUDE

SUR

LES DROITS DE DOUANE

AU POINT DE VUE INDUSTRIEL

PAR

M. J. HINSTIN

La Société des Ingénieurs civils a toujours tenu à honneur d'étudier les grandes questions économiques qui intéressent l'avenir de notre pays, celles particulièrement qui ont trait au travail national.

Le moment est opportun de mettre ces questions à l'ordre du jour des travaux de la Société.

Il convient d'abord que j'indique à quel titre et à quel point de vue je parle :

Les agriculteurs ont trouvé des défenseurs dans leurs représentants naturels, les comices agricoles et la grande Société des Agriculteurs de France.

Le commerce français est aussi très bien représenté par les chambres de commerce qui fonctionnent dans les grandes villes.

Les professions libérales, les penseurs, les philosophes hommes de lettres et de sciences qui jouent un grand rôle dans l'étude des questions économiques, ont l'aide des Sociétés d'économie politique, composées de savants très distingués.

C'est au nom de l'industrie que nous voulons parler à notre tour : au nom de l'industrie manufacturière, comme au nom de l'industrie extractive ou productive du sol, qui n'ont pas de représentants directs auprès des pouvoirs publics.

L'industriel est un créateur, un artiste en quelque sorte, qui tantôt change un terrain stérile et désert en une source de richesse autour de laquelle il fait vivre une nombreuse population, et tantôt transforme des matériaux bruts en une matière utile, ou bien qui donne à celle-ci sa dernière forme, sa couleur et la vie, pour la rendre propre aux usages ou en faire un objet d'art.

L'industriel donne sa pensée à l'ouvrier qui l'interprète et la réalise.

Il s'établit un échange de sentiments généreux entre l'artiste et l'artisan dans l'œuvre commune.

Le sort de l'un est intimement lié à celui de l'autre. Aussi, avons-nous l'ambition de représenter nos ouvriers mieux que des hommes qui n'ont jamais eu d'ouvriers à diriger et n'ont jamais travaillé ni vécu comme les ouvriers.

Ce sont ces mauvais représentants, imbus de préjugés et de fausses idées, qui ont cependant la prétention de défendre, à leur manière, le travail national.

Nous prétendons, au contraire, qu'ils sont incompétents dans la question, et que c'est à nous seuls, industriels, que cette tâche incombe, parce que notre cause est solidaire de celle des ouvriers et de la richesse productive du pays.

Les résultats qui dominent la situation économique présente du pays et qui doivent servir de point de départ à tout débat sont les suivants :

1° Le chiffre des transactions faites en France, formant l'importance du marché intérieur de la France, est estimé à 35 milliards de francs. Il est probable que le chiffre réel est plus élevé, mais adoptons ce minimum.

2° Le montant des importations de toute nature en France est annuellement d'environ 4 milliards.

3° Le chiffre correspondant des exportations hors de France est d'environ 3 milliards.

Tel est le résultat final du régime actuel.

Est-il satisfaisant? La tendance générale conduit-elle le pays à la prospérité? Si oui, il n'y a pas à modifier beaucoup notre régime actuel, on pourra seulement le perfectionner; si non, il faut aviser.

A mon avis, le pays est peu satisfait.

J'entends dire de tous côtés que l'agriculture n'a jamais été aussi éprouvée.

L'industrie ne me semble pas beaucoup mieux partagée.

Le commerce est-il plus favorisé? Vous trouverez la réponse à cette question dans les réclamations présentées au Parlement, au nom du commerce, contre les grands magasins. Vous saurez aussi que le commerce va mal.

Il y a donc malaise général et absence de prospérité, dont nous trouvons la preuve indéniable dans la décroissance de la population, due à un manque de vitalité, conséquence naturelle de la misère et de l'abaissement de la production du sol.

Je tire de ce qui précède une première conclusion :

Il faut modifier notre régime économique.

Notre marché intérieur de 35 milliards est un bel appât pour les industriels du monde entier. Pourquoi, si notre marché de 35 milliards leur appartenait, se donneraient-ils la peine d'aller civiliser les noirs africains, c'est-à-dire d'aller en faire des acheteurs de leur trop-plein de marchandises, à défaut des Américains?

Il est de la dernière évidence que la première chose à faire pour protéger le travail national, est d'abord d'empêcher que ces 35 milliards d'affaires ne passent trop facilement aux mains des étrangers.

La population de la France se répartit en :

Environ	55 0/0 d'agriculteurs,
	30 0/0 d'industriels,
	15 0/0 d'autres.
Total	100

Le travail national est ainsi représenté par les deux premières parties de la population qui en constituent la grosse proportion de 85 0/0.

Mais ces 85 0/0 de la population française sont bien aussi, en même temps, la grosse majorité des consommateurs et le plus important facteur du chiffre de 35 milliards de notre marché intérieur. Ils seront consommateurs et acheteurs à une condition cependant : celle d'avoir de l'argent provenant de la marche prospère, ou tout au moins normale, de leurs affaires agricoles et industrielles.

L'industrie gagne peu, mais elle tient bon, et suffit, dans ces conditions, à alimenter le commerce. Celui-ci, il est vrai, n'a point de ressort, il reste surchargé de marchandises et il se plaint amèrement. Il ferait mieux de reconnaître qu'il est solidaire des pro-

ducteurs, des industriels et manufacturiers français, et que tous doivent s'entr'aider et se soutenir, puisqu'ils dépendent les uns des autres.

Si la prospérité du commerce est dépendante du consommateur artisan, ce dernier est, à son tour, solidaire de l'industrie qui l'emploie et lui fournit l'argent sur lequel il fait des économies dont nous venons de reconnaître le rôle essentiel dans la marche générale des affaires.

L'industrie n'existe que si, elle aussi, réalise des *économies*, c'est-à-dire si elle a un excédent entre ses recettes et ses dépenses de toute nature.

A défaut de cet excédent qui est le *bénéfice* ou le *revenu* de l'industrie, celle-ci se heurterait aussitôt à la suspension de paiement, entraînant la suppression de tout salaire et la ruine totale ; car, la suppression du revenu produit l'anéantissement du capital.

Point de revenu, point de capital, mais aussi nous l'avons dit plus haut, point de salaires, plus d'achats de marchandises qui représentent encore des salaires payés sous une autre forme.

Voilà comment la prospérité de l'industrie, de toute l'industrie, fait la richesse du pays, comment aussi la fortune de l'ouvrier est liée à celle de l'industrie et même au capital, le prétendu monstre qui le nourrit, dont il vit et qui ne pourrait pas disparaître sans qu'il meure lui-même, comme l'enfant meurt avec la mère qui le porte dans son sein.

J'aborde maintenant le chapitre des transports, qui exerce une influence considérable dans la question économique que nous avons à résoudre.

Les frais de transports chargent la marchandise dans une proportion d'autant plus forte que la valeur d'une tonne est moindre, et que les distances à parcourir pour atteindre les lieux de consommation sont plus grandes. C'est le cas de toutes les industries productives du sol, qu'il s'agisse de produits agricoles ou de produits extraits des entrailles de la terre, de toutes celles qui mettent en valeur, par le travail de l'ouvrier, une richesse du pays.

Les tarifs de transports en France sont relativement élevés ; ils sont différents, pour une même marchandise, d'une Compagnie à l'autre.

Lorsque, sur un long parcours, une marchandise doit traverser plusieurs réseaux, elle ne paie pas suivant le tarif réduit en raison du long parcours qu'elle fait, mais au contraire, elle paie dans

chaque Compagnie le prix fort des plus petits parcours, résultant du fractionnement de son long trajet. L'intérêt général est ainsi sacrifié à l'intérêt particulier de chacune des Compagnies.

En Allemagne, où les chemins de fer appartiennent à l'État, il n'y a pas à craindre que les Compagnies subordonnent toutes les questions à leur intérêt personnel.

De l'autre côté du Rhin, il n'y a qu'un tarif, que l'on abaisse autant que le comporte la situation de l'industrie ou du commerce auxquels chaque produit se rapporte, sans autre préoccupation que le développement de plus en plus grand du trafic dans l'intérêt général.

En Angleterre, la question du transport se résout plus facilement encore en notre défaveur. Là nous sommes en concurrence avec des îles dont la plus grande partie de la production trouve son débouché immédiat dans les ports de mer sans avoir à supporter un transport par chemin de fer.

La conséquence immédiate de cette situation est que les produits anglais ont sur les produits similaires français un avantage égal au montant du transport des produits français jusqu'à la mer, pour l'exportation maritime, c'est-à-dire celle du monde entier.

Grâce à ce monopole, non seulement ils augmentent leurs bénéfices et leurs ressources, en raison de l'augmentation de leur chiffre d'affaires, mais encore ils diminuent leur prix de revient de production, à cause de la répartition des dépenses sur une plus grande quantité de marchandise produite.

Si, d'autre part, les Anglais ont un fret maritime bon marché, et si, en empruntant les voies fluviales, ils peuvent pénétrer jusqu'à nos centres de consommation à un prix égal, et souvent moindre que celui payé par le producteur français pour atteindre ces mêmes points, on reconnaîtra que nos redoutables concurrents peuvent faire venir avec avantage leurs marchandises jusqu'aux lieux mêmes de la production en France. C'est dire qu'ils auraient aussi le monopole de l'importation en France et qu'ils anéantiraient l'industrie française similaire, si on ne les arrêtait par l'établissement de droits de douane.

Je tiens à dire que je n'ai pas en vue de critiquer ni blâmer les Compagnies de chemins de fer. Celles-ci agissent d'ailleurs conformément à leur droit et à ce qu'elles considèrent comme leur devoir.

Ce n'est donc point à elles qu'il faut s'en prendre ; c'est au contraire à leur personnel, intelligent et compétent, animé des sen-

timents les plus éleves, qu'il conviendrait de faire appel pour trouver un autre régime qui satisfasse les divers intérêts contradictoires qui sont en jeu dans cette difficile question des transports.

Il faut qu'il soit bien compris que la protection réclamée par l'industrie consiste uniquement dans la compensation des avantages que les concurrents étrangers ont sur elle, de façon à rétablir la concurrence loyale et la lutte à armes égales.

L'industrie française est vaillante, elle est assez sûre de son intelligence et de sa force pour ne pas craindre la lutte. Elle accepte la concurrence étrangère, mais non l'envahissement et l'égorgement.

Nous admettons que toute marchandise étrangère, ne nuisant pas à un produit similaire français, entrerait en franchise. Si, au contraire, elle était de nature à empêcher le développement d'une production similaire en France, on lui appliquerait, comme droit de douane, un droit juste suffisant pour compenser les avantages à l'aide desquels elle pourrait tuer la production française, ou l'empêcher de naître ; de telle sorte que la concurrence soit maintenue et que l'industrie française puisse prendre un légitime développement.

Nous entendons que le pays soit toujours maître de régler les droits compensateurs comme il lui conviendra, mais en accordant au commerce un certain délai avant que chaque droit établi puisse être modifié.

La conséquence de ce système, avec la concurrence maintenue, sera tout d'abord de stimuler les producteurs, et de les obliger à se développer en produisant davantage. Plus ils produiront, en étendant leurs débouchés reconquis sur la concurrence étrangère, plus ils acquerront de ressources pour augmenter et améliorer l'outillage et le travail ; plus les prix de revient s'abaisseront et plus aussi, sous l'influence de la concurrence, les prix de vente tendront également à baisser.

Produire davantage, mieux et à meilleur marché, tels sont les seuls signes de prospérité et de progrès que nous reconnaissions, tel est le but que nous atteindrons, sans conteste, à l'aide des droits compensateurs.

Les libre-échangistes ne devraient pas avoir une seule objection à opposer à ces vues. Il y en a une, très grave à leurs yeux, que j'ai cependant passée sous silence, me réservant d'y répondre dans un chapitre spécial.

L'objection est que tout droit de douane, qu'il soit ou non compensateur, augmente d'autant le prix de la marchandise, qui, sans cette charge, disent-ils, pourrait être vendue à un prix d'autant moindre au consommateur ; or, le but du libre-échange est précisément d'arriver à diminuer le prix des choses de la vie pour le consommateur.

Le but des libre-échangistes est absolument louable, et si nous avons à y faire une objection, c'est seulement qu'ils ne l'atteignent pas.

La raison est qu'entre le producteur et le consommateur, il existe des intermédiaires auxquels les libre-échangistes ne pensent pas suffisamment. C'est toute la série des courtiers, commissionnaires, banquiers, warranteurs, entrepositaires, marchands en gros et demi-gros et détaillants ; le commerçant, en un mot, qui empoche les droits que nos excellents libre-échangistes s'efforcent, avec tant de cœur et d'ardeur, de faire supprimer.

D'instinct le commerçant est donc libre-échangiste, puisque la protection lui retire la possibilité de réaliser un petit bénéfice supplémentaire.

Le commerçant vend le plus cher qu'il peut ; son prix de vente (en dehors des marchandises qui ont un marché et un cours) est fixé par l'importance du débouché possible, et n'est point dépendant des faibles écarts qui se produisent dans les prix d'achat. Le commerçant tend donc à repousser comme une charge personnelle qui amoindrit ses bénéfices tout ce qui augmente son prix d'achat dans une limite relativement faible.

C'est toujours dans ces faibles proportions que se placent les droits de douane compensateurs, en les comparant à la valeur des marchandises au moment où elles sont livrées à la consommation.

Celles-ci, en effet, ne sont pas chargées de moins de 30 0/0 par le détaillant, 10 0/0 pour le demi-gros ou le placier, 10 0/0 pour transport et emballage, 5 0/0 pour le banquier et les faux frais de vente : total 55 0/0 de frais de vente pour une valeur en fabrique de 45 0/0.

D'autre part, le droit compensateur sur la matière première atteint rarement plus de 1 0/0 du montant de la marchandise vendue au consommateur, chiffre en face duquel se place celui de 55 0/0 de la valeur de la marchandise, resté entre les mains des intermédiaires.

Remarquez, Messieurs, que j'ai pris mes chiffres dans la

moyenne des objets usuels de consommation, dans le vêtement, le mobilier, le ménage.

Si je descendais l'échelle pour passer aux spécialités de l'alimentation, à l'article de Paris, à la fantaisie, aux objets de toilette et de pharmacie, vous seriez effrayés du peu de valeur, en marchandise proprement dite, offert au consommateur pour son argent, de l'énorme somme d'argent gaspillée dans l'entremise, et de l'insignifiance de plus en plus grande des droits de douane, ceux du moins qui protègent le producteur, eu égard à la valeur des objets vendus à la consommation. Ce droit resterait donc bien à la charge des diverses catégories de personnes que j'ai désignées sous le nom générique de commerçants.

La suppression des droits de douane aurait ainsi pour effet de protéger le commerçant au détriment du fabricant.

Le commerçant joue un rôle non seulement utile, mais essentiel, dans notre organisation économique ; il est donc intéressant comme le fabricant; mais il n'a pas besoin d'être protégé pour faire son métier de commerçant.

J'ajouterai que, s'il n'était pas ignorant des questions économiques, ni aveuglé par le tout petit bénéfice qu'il voit passer sous ses yeux, il n'aurait aucun intérêt à être libre-échangiste, il aurait au contraire un intérêt fondamental à être compensateur avec nous.

Le commerçant n'est pas forcé d'acheter ; mais il est toujours obligé de vendre ce qu'il a acheté. Son intérêt unique est donc qu'il y ait de l'argent entre les mains de l'acheteur, c'est-à-dire du consommateur, agriculteur, artisan, industriel. Il faut donc, pour que les affaires marchent, que l'agriculture et l'industrie française soient prospères ; c'est ce que nous avons expliqué plus haut.

D'autre part, que peut désirer le commerçant au point de vue des achats, pour obtenir la marchandise qui lui convient le mieux au meilleur prix?

Qu'il y ait concurrence entre les fabricants, afin de les opposer les uns aux autres, de les diviser pour être maître de la situation. Il ne craint rien autant que le monopole des fabricants.

Or, l'exemption complète des droits de douane aboutit au monopole en faveur de l'industrie étrangère, aussi bien que la protection exagérée à l'égard de l'industrie française.

Les droits compensateurs, au contraire, ont pour effet de maintenir et de développer la concurrence, de conserver sur le marché la plus grande variété de produits de consommation, français ou étrangers.

Rien n'est donc plus favorable que le régime compensateur que nous préconisons à l'intérêt réel du commerçant, tant au point de vue de la vente qu'à celui de ses achats.

En sera-t-il de même pour l'exportateur?

Dans un des chapitres précédents, j'ai montré, en prenant comme exemple une industrie placée sur le bord de la mer en Angleterre, principalement lorsqu'il s'agit de produits de peu de valeur, que l'industrie anglaise, bénéficiant de tout le transport intérieur qu'auraient à payer les mêmes industriels placés au centre de la France, acquerrait sans conteste, contre ces dernières, le monopole de l'exportation dans le monde entier.

J'ai ajouté que, comme conséquence résultant de la première, l'industrie britannique recevant de ce fait un énorme développement, le prix de revient diminuait considérablement en Angleterre et en une telle proportion, en raison de la réduction des frais généraux, que les Anglais pourraient venir avec avantage faire concurrence aux produits similaires français jusqu'au lieu même de la production, c'est-à-dire tuer notre industrie.

Toute la question de l'exportation se trouve expliquée dans ces quelques lignes, qui traduisent la situation industrielle exacte de l'Angleterre vis-à-vis de nous, en ce qui concerne l'exportation.

C'est donc encore dans le transport qu'il faut chercher la solution de la question essentielle de l'exportation. D'autant plus qu'à cette cause s'en ajoute une autre du même ordre : je veux parler des frais que supporte la marchandise française jusqu'au lieu de consommation à l'étranger, comparés aux mêmes frais supportés par les exportateurs étrangers.

Tandis qu'en France les fabricants restent confinés chez eux et ne veulent traiter qu'avec les commissionnaires intermédiaires, qui prélèvent de gros bénéfices, et qu'ils ont à payer des commissions importantes aux ports d'embarquement et des frets élevés, l'exportateur anglais ou allemand a son comptoir au lieu d'exportation, son bureau au port de mer. Il fait lui-même sa besogne, il est son propre commissionnaire, son propre acheteur à l'étranger et souvent son propre armateur. Il obtient sur place les frets les plus réduits : au total, un seul bénéfice, des frais généraux moindres et un prix inférieur à la somme de frais que supporte la marchandise française.

Si nous sommes mal placés pour l'exportation au point de vue des transports et du mode commercial, du moins nous avons, dans

notre marché intérieur de 35 milliards, un grand débouché, et puisqu'il faut produire beaucoup pour abaisser le prix de revient, développons encore autant qu'il nous sera possible ce magnifique marché ; nous regagnerons ainsi, par l'abaissement du prix de revient, une partie de la perte sur le transport qui nous empêche de faire de l'exportation. Tout ce que nous pourrons faire en exportation, de la sorte, sera autant d'écoulé, autant de réduit sur les frais généraux, autant de gagné sur l'ennemi, en attendant qu'on applique les mesures nécessaires là où est la cause du mal et non ailleurs.

On voit que l'exportateur français doit prendre, lui aussi, comme base et point de départ le développement du marché intérieur, et nous ne l'obtenons que par l'application des droits de douane compensateurs.

Il en est de même à plus forte raison pour les manufacturiers ; mais, sous le prétexte de favoriser l'exportation, on veut qu'ils soient protégés pour ce qu'ils vendent, et que tous les produits qu'ils achètent sous le titre de matières premières soient exempts de droits.

Si cette méthode était généralisée, comme il n'y aurait aucune raison de s'arrêter à une industrie plutôt qu'à une autre, on aboutirait à l'exemption de droits sur à peu près toutes les marchandises. Cette proposition est diamétralement opposée à leur intérêt réel et bien entendu. Quelques-uns d'entre eux peuvent être momentanément illusionnés par l'attrait d'un bénéfice immédiat à encaisser. Ils ne pourront oublier longtemps que si nous, compensateurs, nous leur avons donné le moyen d'étendre au maximum leur production sur le marché intérieur français, c'est avec la pensée qu'ils y trouveraient des acheteurs. Il faut pour cela que les autres industriels prospèrent également.

En voulant supprimer les droits compensateurs pour autrui, on tue pour soi-même la poule aux œufs d'or.

L'intérêt principal évident des manufacturiers, de tous les manufacturiers, est donc de rester compensateurs pour les autres comme pour eux-mêmes.

L'exportation des produits industriels français, qui s'appuie sur le marché intérieur, est une source de grands et rapides bénéfices pour l'industriel et de richesse pour le pays. Mais les négociants exportateurs et importateurs n'ont rien à voir là-dedans.

Il ne faut pas confondre l'exportation dont nous venons de

parler avec le commerce d'exportation, dont la fonction utile, mais essentiellement commerciale et cosmopolite, n'intéresse pas le travail national.

Il faut nous sortir de l'idée que c'est le commissionnaire qui fait marcher l'industrie. C'est, au contraire, l'industrie qui fournit au commissionnaire ses éléments de trafic.

Le commissionnaire ne serait rien sans nous; il sait, du reste, peu de chose des questions industrielles et il est particulièrement incompétent en matière de droits de douane.

Le pays ne lui doit que la protection personnelle diplomatique ou consulaire.

Quand j'ai dit que les commissionnaires ne connaissent rien aux droits de douane, j'ai un peu exagéré, puisque, pour eux, le droit de douane, c'est l'ennemi. Il y a certaines choses très intéressantes touchant l'exportation qu'ils connaissent admirablement : ce sont les frais de transports et d'expéditions, et tous les moyens et peut-être aussi tous les tours de mains à l'aide desquels on peut transporter le plus facilement et le plus économiquement une marchandise d'un point du globe à un autre, la vendre et en encaisser le prix le plus élevé.

Mais je suppose que nous ne devons pas être assez naïfs pour leur demander le secret de leur métier et encore moins pour les croire sur parole, s'ils se mettent à notre disposition pour nous dire ce qu'il convient de faire ou ne pas faire pour favoriser l'exportation, ce qui veut dire : leur commerce d'exportation.

Il va sans dire que nos droits compensateurs sont des droits minima par principe.

Il appartiendra au gouvernement, pour établir le tarif général, de leur ajouter telle quantité au point de vue fiscal ou au point de vue de la réciprocité vis-à-vis des nations plus ou moins protectionnistes que nous. C'est sur ce point que pourrait s'engager un débat d'intérêts internationaux.

Il sortirait, d'ailleurs, du programme que je me suis tracé et que je termine définitivement en m'excusant, messieurs, de l'abus que j'ai fait de votre bienveillante attention.

NOTE

SUR

LES CONDITIONS ÉCONOMIQUES

ACTUELLEMENT RÉALISABLES

DANS LES MACHINES A VAPEUR (1)

PAR

M. Claudius JOUFFRAY

On sait que le coefficient économique d'une machine thermique, fonctionnant entre les températures absolues T_0 et T_1, a pour maximum l'expression :

$$\frac{T_0 - T_1}{T_0}.$$

Cette expression croissant avec la différence $T_0 - T_1$, il y a un intérêt théorique évident à augmenter l'écart des températures. Nous nous proposons de rechercher, dans le cas de la machine à vapeur, quelles sont les dispositions qui permettent, pour un écart de température déterminé, de se rapprocher le plus possible de ce maximum.

Considérons une bonne machine à condensation réalisant à l'échappement une température de 60° centigrades et, pour avoir un écart de température assez grand sans sortir des pressions admises en pratique aujourd'hui, supposons que la vapeur soit introduite dans le cylindre à la pression de 11,5 atmosphères

(1) Ce travail a été écrit en janvier 1888 comme justification d'un projet de machine marine à quadruple expansion. Nous nous sommes décidé à le publier parce qu'il est basé sur la méthode d'évaluation directe des calories transformées en travail, méthode que M. Casalonga a présentée récemment comme nouvelle et personnelle.

effectives, soit à la température de 190,27. La pression effective sur le piston sera, d'après les tables :

$$129\,175 - 2\,048 = 127\,127 \text{ } kg \text{ par mètre carré.}$$

Si le volume de vapeur introduite est de 1 m^3 le même chiffre représentera en kilogrammètres le travail produit à pleine pression par la vapeur, et si nous prenons comme poids de la vapeur à cette température le chiffre de Zenner, 6,4986 *kg*, nous trouvons que 1 *kg* de vapeur introduit dans la machine produit tout d'abord un travail à pleine pression égal à :

$$127\,127 : 6{,}4986 = 19\,561 \text{ kilogrammètres.}$$

Remarquons que ce premier travail est *gratuit dans la machine.* C'est dans la chaudière que se fait, à ce moment, la transformation directe de la chaleur en travail, et la vapeur introduite dans la machine a seulement servi de véhicule. Réduisons ce travail en chaleur : nous voyons que 1 *kg* de vapeur, au moment où l'introduction se ferme, a transmis à la machine le travail de :

$$\frac{19\,561}{425} = 46{,}022 \text{ calories,}$$

cela, *sans rien perdre de sa chaleur propre.*

Il nous reste, enfermé maintenant dans la machine, 1 *kg* de vapeur saturée à la température 190,27. Cette vapeur va se détendre pour produire un nouveau travail, et nous savons que pendant la détente une partie de la vapeur se condense. Si les parois étaient totalement inactives, la chaleur dégagée par cette condensation s'ajouterait au travail extérieur. Mais nous savons aussi qu'il n'en est rien ; l'eau condensée se dépose sur les parois pour se vaporiser de nouveau pendant l'échappement. Il y a donc grand intérêt, et l'expérience le prouve, à empêcher ces phénomènes en entourant le ou les cylindres d'enveloppes réchauffantes.

Si nous pouvions ajouter un supplément de chaleur suffisant pour que la masse de vapeur restât à la fin de la détente à l'état de vapeur saturée sèche, nous aurions réalisé le maximum de ce que peut donner la machine.

L'équation générale de Hirn permet de calculer la quantité de chaleur qu'il serait, dans ce but, nécessaire d'ajouter.

Pour le cas particulier de l'eau et pour 1 *kg* de vapeur sèche, cette équation prend la forme :

$$Q = 800{,}756 \log. \text{hyp.} \frac{T_o}{T_1} - 0{,}000128 \, (T_o^2 - T_1^2)$$
$$+ 0{,}0000002 \, (T_o^3 - T_1^3) - (q_o - q_1),$$

dans laquelle Q représente la quantité inconnue de chaleur à ajouter, T_0 et T_1 les températures absolues avant et après la détente, q_0 et q_1 les quantités de chaleur contenues dans 1 *kg* d'eau aux températures centigrades t_0 et t_1 correspondant à T_0 et T_1.

Pour les températures qui nous occupent :

$$t_0 = 190{,}27 \quad T_0 = 463$$
$$t_1 = 60 \quad T_1 = 333.$$

En prenant q_0 et q_1 dans les tables de Regnault, substituant et effectuant, on trouve :

$$Q = 130{,}24 \text{ calories.}$$

La quantité de chaleur transformée en travail pendant la détente dans cette machine idéale serait composée de deux termes:

1° La différence entre les sommes d'énergie disponible contenues dans la vapeur avant et après la détente;

2° La chaleur cédée par l'enveloppe.

Le premier terme s'obtient en retranchant du chiffre de la chaleur totale (Regnault) aux deux températures t_0 et t_1 la quantité dépensée par l'accroissement du volume :

$$U_0 = 664{,}532 - 46{,}576 = 617{,}956$$
$$U_1 = 624{,}800 - 36{,}544 = 588{,}256$$
$$U_0 - U_1 = 29{,}700 \text{ calories.}$$

Le deuxième terme est le chiffre trouvé plus haut 130,24 calories.

Cette chaleur a été intégralement transformée en travail, puisque la vapeur ne renferme plus que 588,256 calories.

Nous aurons donc comme total de la chaleur transformée :

1° A pleine pression	46,022	calories.
2° Détente	29,700	—
Ensemble	75,722	calories.
3° Cédé par l'enveloppe	130,240	—
Total	205,962	calories.

D'autre part nous aurons dépensé :

1° Chaleur totale de 1 *kg* d'eau à 60° vaporisée à 190°, soit 604 calories.	604	»
2° Chaleur cédée par l'enveloppe	130,240	
Ensemble	734,240	calories.

Le rendement du cycle complexe formé par la vapeur de la machine et par la circulation de l'enveloppe sera donc :

$$\frac{205{,}962}{734{,}24} = 0{,}28.$$

Or, le coefficient économique maximum d'une machine thermique fonctionnant entre 190° et 60° est, nous le savons :

$$\frac{t_o - t_1}{273 + t_o} = \frac{130}{463}.$$

La division donne précisément le même chiffre 0,28.

Notre analyse nous amène donc à constater ces faits remarquables, à savoir :

Que la machine à vapeur est capable, si elle est convenablement réchauffée, de servir de véhicule à une quantité considérable de chaleur extérieure ;

Que la chaleur ainsi transmise est transformée intégralement en travail, ou, en d'autres termes, que l'enveloppe réchauffante rend 100 pour 100 ;

Enfin que, à la limite, avec une enveloppe suffisamment perméable à la chaleur, la machine réaliserait le rendement maximum assigné par la théorie aux machines thermiques.

Dans la pratique il n'en serait pas exactement ainsi, même avec une enveloppe parfaite. En réalité, l'enveloppe cède aussi de la chaleur pendant l'échappement, en pure perte. Nous devons donc, ne fût-ce que de ce fait, augmenter le chiffre de la dépense. Eût-on réussi à faire des enveloppes à action intermittente, on aurait encore une perte pendant l'échappement par le refroidissement des parois chaudes. Notre calcul, exact seulement dans le cas d'un réchauffement intermittent et de parois sans masse, n'en a pas moins une valeur de renseignement considérable. Il montre clairement la prépondérance des effets de la condensation intérieure dans les résultats donnés par la machine à vapeur et nous indique que, grâce à l'enveloppe, cette cause de perte peut devenir la cause d'un gain, le plus large qu'on pût espérer *a priori*.

Arrivons à la machine réelle. Quelle quantité totale de chaleur pouvons-nous réellement transformer en travail ?

Dans le cas actuel, nous avons trouvé comme maximum :

Pendant la pleine pression	46,022 calories
Pendant la détente	29,700 —
Cédé par l'enveloppe.	130,240 —
ENSEMBLE.	205,962 calories

Nous sommes sûrs du premier terme en tout état de cause. Le deuxième terme n'est qu'un résultat de calcul, car à la fin de la

détente la masse de vapeur est à un état mixte et non réellement à l'état que nous avons supposé pour établir U_1.

Cette réserve faite, il nous est loisible, pour simplifier les calculs, d'attribuer à la détente uniquement ces 29,700 calories et de reporter la différence sur la partie réalisable de la chaleur cédée par l'enveloppe.

Le troisième terme est lié par une certaine loi avec la quantité d'eau condensée par l'enveloppe, et cette loi se rapprochera d'autant plus de la proportionnalité que la part de chaleur d'enveloppe cédée à la vapeur d'échappement sera plus faible.

Le calcul *a priori* devient ici impuissant à nous renseigner; mais nous pouvons, pour avoir un terme de comparaison, soumettre au calcul des résultats connus d'expérience en nous adressant de préférence à une machine dont l'enveloppe produit une grande quantité d'eau de condensation.

Nous ne connaissons pas malheureusement d'essais faits à ce point de vue sur les machines compound. Sur les machines à un cylindre les essais sont nombreux; la quantité d'eau condensée varie de 2 à 11 0/0 de la quantité totale fournie à la chaudière. Parmi celles qui condensent le plus nous choisirons une machine essayée en 1885 à la manutention de Lyon. Les essais, répétés à diverses reprises par des expérimentateurs différents, puis refaits par une commission officielle, ont donné des résultats très concordants et peuvent être regardés comme présentant le caractère scientifique autant que puisse le présenter une opération industrielle.

La moyenne de ces essais donne les chiffres suivants :

Pression au cylindre . . . . . 6 *kg*

Vide au diagramme . . . . . 0,65 de *Hg*

Rapport de la quantité d'eau purgée de l'enveloppe à la quantité totale d'eau consommée 0,1048

Consommation totale d'eau par cheval indiqué . . 6,888 *kg*

Les pressions relevées correspondent aux températures centigrades :

$$t_0 = 164°,22 \qquad t_1 = 53°,5.$$

Si nous appliquons, à ces deux limites de température, le mode de calcul précédemment développé, nous trouvons que 1 *kg* de vapeur introduit dans la machine transforme en travail

1° En pleine pression . . . . . 25,123 calories

2° Pendant la détente 24,500

ENSEMBLE . . . . . 49,623 calories

Nous trouvons d'autre part que, pour empêcher toute condensation, il faudrait ajouter 111 calories.

D'après les essais, chaque kilogramme de consommation totale a donné :

$$\frac{270\,000}{6,888} = 39\,198,60 \text{ kilogrammètres,}$$

ou

$$\frac{39\,198,6}{425} = 92,232 \text{ calories.}$$

Mais dans ce kilogramme il y avait d'après les mesures :

0,1048 de purge d'enveloppe

et $1 - 0,1048 = 0,8952$ de vapeur directe

On a donc recueilli :

$$0,8952 \times 49,623 = 44,422 \text{ calories}$$

abandonnées par la vapeur directe.

Le reste, soit :

$$92,232 - 44,422 = 47,810 \text{ calories}$$

doit être, sous les réserves formulées précédemment, attribué à l'enveloppe.

Si l'eau condensée, au lieu d'être purgée pour la peser, avait été, comme dans la marche normale, renvoyée sous pression constante à la chaudière, les 47,810 calories utilisées auraient coûté (la chaleur latente à 6 *kg* étant 494,5) :

$$494,5 \times 0,1048 = 51,828 \text{ calories.}$$

La machine a donc dépensé :

$$\frac{47,81}{0,8952 + 111} = 0,48$$

de la puissance théorique totale de l'enveloppe, et elle a transformé intégralement en travail

$$\frac{47.81}{51,833} = 0,92$$

de la dépense effective de l'enveloppe.

L'examen des chiffres donnés par ce calcul nous explique de suite la supériorité des machines compound sur les machines à un cylindre, supériorité reconnue par l'expérience dès qu'il s'agit de forces suffisantes pour que le frottement dû à des organes plus nombreux n'ait qu'une faible importance par rapport au travail total.

Ces machines, munies en général de distributions simples, don-

nent le plus souvent un diagramme total moins régulier que le diagramme unique des machines à un cylindre et qui impliquerait un rendement moindre.

Mais la chute de température y est fractionnée. Au lieu de combattre par une seule enveloppe la condensation due à la chute totale de température dans un seul cylindre, on a, pour combattre la condensation partielle due à chaque chute, l'enveloppe complète de chaque cylindre ; on a de plus, pour le ou les premiers cylindres, le réchauffement dans un réservoir intermédiaire après chaque chute.

Les efforts des constructeurs devront toujours tendre à augmenter l'efficacité de ces réchauffements, et l'on peut être assuré, étant donnés les rapports réciproques des chiffres en jeu, *qu'un bénéfice relativement faible sur la puissance de l'enveloppe correspondra à un bénéfice relativement grand sur le rendement total de la machine.*

Pour fixer les idées, supposons établie une machine à cylindres multiples et à réservoirs, bien comprise, fonctionnant dans les limites de température considérées au début de cette étude, soit : 190° et 60°. Les pertes pendant l'échappement ne se produiront qu'au dernier cylindre, où la détente est presque nulle. Le mode de calcul que nous employons se rapprochant, par ce fait, de la vérité théorique, il ne paraîtra pas téméraire d'admettre que, au lieu des 48 0/0 de la puissance théorique de l'enveloppe fournis par la machine à un cylindre, nous en pourrons utiliser 60 0/0 Supposons par contre, pour ne pas nous leurrer, que dans ces nouvelles limites, l'enveloppe, au lieu de 0,92, rende seulement 0,85 en travail. Si nous appliquons ces coefficients aux chiffres antérieurement établis pour notre machine, nous trouverons que 1 *kg* de vapeur pourra servir de véhicule à $0{,}60 \times 130{,}24 = 78{,}144$ calories de chaleur d'enveloppe.

Pour cela, il faudra que l'enveloppe en transmette :

$$\frac{78{,}144}{0{,}85} = 91{,}934.$$

Si les purges d'enveloppes sont renvoyées à la chaudière sous pression constante, chaque kilogramme d'eau purgée aura abandonné 471,472 calories. Il faudra donc dépenser pour l'enveloppe $\frac{91{,}934}{471{,}472} = 0{,}194$ *kg* d'eau.

En définitive, 1,194 *kg* de dépense totale en eau donnerait :

Pleine pression	46,022 calories.
Détente	29,700 »
Enveloppe	78,144 »
Ensemble	153,866 calories.

1 *kg* donnera donc :

$$\frac{153{,}866}{1{,}194} = 128{,}861 \text{ calories,}$$

ou 54 765,92 kilogrammètres.

Il faudra donc, par cheval et par heure :

$$\frac{270\,000}{54\,765{,}92} = 4{,}930 \text{ } kg \text{ d'eau.}$$

Si la chaudière vaporise seulement 8 *kg* par kilogramme de charbon, la dépense en charbon sera de $4{,}930 : 8 = 0{,}616$ *kg*.

Si l'on vaporise 8,300 *kg*, ce qui est facilement obtenu dans les chaudières marines de grandes dimensions, la consommation devient :

$$4{,}930 \text{ } kg : 8{,}3 = 0{,}594 \text{ } kg$$

Nous estimons que ce calcul, loin d'être trop large, est plutôt pessimiste, et qu'en tenant compte des pertes extérieures, on peut réaliser, pour une machine marine de puissance moyenne, des consommations de 600 *g* en service.

Paris, 23 janvier 1888.

OBSERVATIONS

Ainsi que le montre sa date, cette note a été écrite il y a près de quatre années. Depuis, ces questions sont devenues un peu banales, surtout grâce à la belle étude de M. Dwelshauvers-Déry et aux discussions qu'elle a provoquées. Il nous semble pourtant qu'il y a lieu encore d'insister sur quelques points :

On devrait, une fois pour toutes, renoncer à tirer des conclusions pratiques des formules et des raisonnements basés sur l'hypothèse qu'il y a deux adiabatiques dans le cycle de la machine à vapeur ;

On devrait, dans le calcul de ces machines, considérer non pas

uniquement la vapeur intérieure, mais deux cycles parallèles, l'un formé par la vapeur intérieure, l'autre, extérieur, qui vient en aide au premier et dont l'influence est beaucoup plus considérale qu'on ne se le figure généralement.

En l'absence d'une théorie de l'enveloppe, le mode de calcul employé ici, très critiquable pour la machine à un cylindre, serait applicable pratiquement avec une très grande approximation à toutes les machines à cylindres multiples. Il faudrait pour cela rapprocher divers résultats d'expérience et classer ces machines, suivant leurs dispositions intérieures, en groupes caractérisés par la puissance de condensation de leurs enveloppes, cette puissance étant mesurée par le rapport, à détente normale, entre le poids de vapeur dépensé intérieurement et la quantité d'eau condensée aux enveloppes.

Nous croyons toujours possible de réaliser à la pression de 12 *kg* des consommations inférieures à 5 *kg* de vapeur par cheval. Il ne semble pas qu'on puisse descendre sensiblement au-dessous sans augmenter la température initiale ; mais là le champ reste encore très largement ouvert. Au point de vue de la machine à vapeur seule, c'est une question de graissage et de garnitures ; elle est résolue dès à présent par l'emploi des garnitures métalliques et des huiles minérales neutres. C'est plutôt la chaudière qui est en retard sur la machine là où de grandes puissances de production sont nécessaires.

La chaudière cylindrique de grand diamètre paraît être à la limite de ce qu'elle peut donner, car on n'y pourrait augmenter les épaisseurs des tôles sans augmenter aussi dans des proportions dangereuses les efforts dus aux différences de température à l'intérieur et à l'extérieur. Il faut donc attendre de nouveaux progrès dans l'économie, soit de l'emploi de la surchauffe, soit du perfectionnement des chaudières à petits éléments, dites à circulation. Ces chaudières, en effet, ne présentent pas de dangers du même ordre ; mais elle ne sont pas encore arrivées, au point de vue du fonctionnement journalier, à la commodité et à la sécurité de la grande chaudière à foyer intérieur.

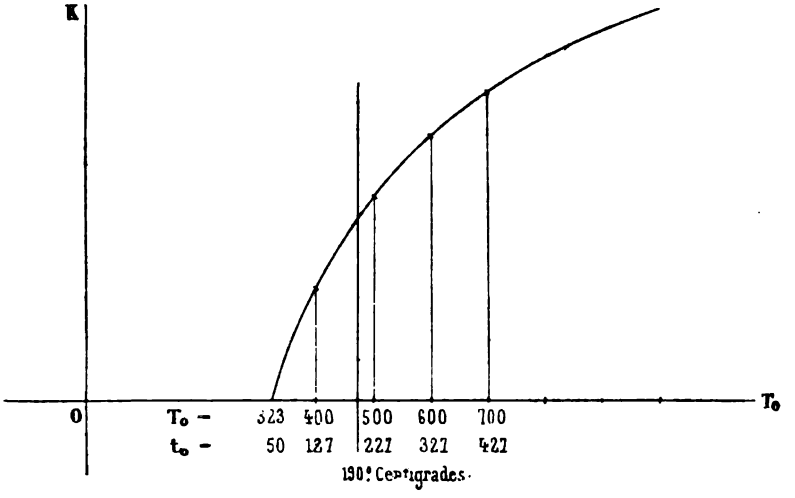
L'économie théorique à réaliser par l'élévation de la température initiale serait, en tous cas, assez considérable. Elle est facile à rendre sensible aux yeux par la traduction en courbe du coefficient

$$K = \frac{T_0 - T_1}{T_0}.$$

La température de condensation T_1 ne semble guère pouvoir descendre au-dessous de 50°. Si on la suppose constante, le coefficient prend la forme :

$$K = 1 - \frac{323}{T_0},$$

qu'on peut regarder comme l'équation d'une hyperbole dont les valeurs de T_0 sont les abscisses et celles de K les ordonnées.



On voit que les températures actuelles sont dans une région où la courbe est encore très rapidement ascendante. Or, tout autorise à croire que l'économie pratique progresserait comme l'économie théorique et même qu'elle s'en rapprocherait de plus en plus, car on disposerait d'écarts de température de plus en plus grands pour assurer l'efficacité des réchauffements.

CHRONIQUE

N° 139.

SOMMAIRE. — Le charbon à Port-Saïd. — Un tunnel sous la Tamise. — Surchauffeurs de vapeur. — Température intérieure du sol. — Mouvement de la chaleur dans les parois des cylindres. — Transit rapide à New-York.

Le charbon à Port-Saïd. — Le *Bulletin de la Société de Géographie commerciale de Bordeaux* contient l'intéressante note qui suit de M. Fritz-Robert, vice-consul d'Autriche-Hongrie à Port-Saïd.

Presque tous les vapeurs qui passent par Port-Saïd prennent leur provision de charbon. Les quelques données statistiques et autres suivantes donnent un aperçu de ce commerce très considérable pour ce petit port d'une si grande importance universelle.

IMPORTATION DU CHARBON EN 1889

Consommation locale.	39 243 *t.*	Droit 8 0/0	*ad valorem.*
En transit pour les vapeurs touchant à Port-Saïd	825 858	— 1 0/0	—
En transit pour les bateaux-poste.	119 681	— Néant.	
TOTAL	984 782		

Soit à peu près un million de tonnes.

On peut admettre qu'un vapeur transporte en moyenne 2 000 *t* par voyage, ce qui donnerait une moyenne annuelle de 500 vapeurs charbonniers, avec 15 000 hommes d'équipage approximativement (chaque charbonnier ayant à peu près 30 hommes).

Le fret de ces chargements de charbon (en moyenne 9,9 shellings par tonne) représente annuellement 8 000 000 *f* et la paye des officiers et des équipages à 1 500 000 *f*. Cet important commerce se trouve aux mains des maisons de commerce suivantes : Worms, Josse et C^ie^ (à peu près 30 à 33 0/0 des importations totales) ; Bazin et C^ie^ ; Wills et C^ie^ ; Port-Saïd and Suez Coal Company ; J. Carcera and Sons.

Chacune de ces maisons de commerce a un ou deux magasiniers (traitement mensuel de quelquefois 26 livres sterling) et deux ou trois équipes de cent cinquante à deux cents ouvriers charbonniers indigènes, avec un cheik comme chef d'équipe. Ces cheiks sont généralement aux gages fixes de la Compagnie et paient les hommes d'équipe le plus souvent par semaine, sous la surveillance bien nécessaire des magasiniers.

Les frais de chargement et de déchargement des charbonniers sont (1890) les suivants :

Déchargement dans les bateaux.	0,50 *f*	par tonne.
Dépôts à terre	1 »	—
Chargement du bateau-dépôt dans les vapeurs . .	1 »	—

Le déchargement et réciproquement le chargement du charbon se font à Port-Saïd avec le plus grand ordre et la plus grande rapidité. A peine le vapeur est-il signalé que l'équipe est sous les armes ; quand le navire entre dans le port, de petits remorqueurs vont chercher les bateaux-dépôts qui accostent dès que le grand charbonnier est amarré ; les hommes d'équipe, doublement noirs, se précipitent à bord de leur prise. D'abord une certaine confusion et des cris désordonnés ; puis, en quelques minutes, ces cris se transforment en une espèce de mélopée triste et l'équipe fonctionne, soit de jour, soit de nuit, à la lueur des flambeaux.

Pour le chargement des navires (6 heures du matin à 6 heures du soir), les contrats en vigueur à Port-Saïd fixent un minimum de 400 *t* par jour, généralement on obtient 600 *t* ; pour le chargement des navires, par contre, les Compagnies sont obligées de charger 100 *t* par heure ; généralement on obtient un résultat de 200 à 250 *t* ; une fois même 800 *t* furent chargées en trois heures.

Les ouvriers charbonniers sont des Arabes ; ils portent le charbon sur la tête dans de petites corbeilles, tissées avec des fibres de palmier, appelées en français (à Port-Saïd) « couffins » et en arabe « ranobils ». On compte en moyenne que 15 à 20 couffins font une tonne de charbon.

Trois à quatre mille ouvriers charbonniers trouvent emploi à Port-Saïd et gagnent en moyenne 2 *f* par jour, etc., etc., soit pour tous et par an, 1 500 000 à 2 000 000 *f*. Deux cents à trois cents bateaux-dépôts de charbon (de 30 à 200 *t* chacun, avec une valeur approximative de 1 à 2 millions de francs) et quinze petits remorqueurs (soit à peu près 300 000 *f*) desservent cet immense trafic.

Le charbon en question, qui vient presque exclusivement d'Angleterre (Cardiff et Newcastle), est généralement payé à Port-Saïd au moyen de traites à trente jours sur les armateurs respectifs (Londres et Paris).

Le prix moyen du charbon à Port-Saïd pour 1890 peut être fixé à 24 shellings la tonne.

Quelques chiffres donnent une idée de la valeur approximative du commerce du charbon à Port-Saïd :

1 000 000 *t* à 24 sh. par tonne	30 000 000 *f*
Fret. . . . 9,9 sh. —	8 000 000
Déchargement, 0,50 *f* —	500 000
Chargement, 1 *f* —	1 000 000
Roulement de fonds annuel	39 500 000 *f*

C'est un résultat remarquable pour une seule branche, il est vrai la plus importante et malheureusement presque l'unique, du commerce de Port-Saïd.

Un tunnel sous la Tamise. — Un nouveau tunnel vient d'être établi sous la Tamise, en aval et tout près du pont de Kingston, pour la Compagnie des eaux de Southwark et Vauxhall, sous la direction de son Ingénieur M. J.-W. Restler.

Les travaux ont été exécutés par MM. John Aird and Sons qui ont l'entreprise de la pose des conduites de la Compagnie entre Hampton et Nunhead, section dont le tunnel dont nous nous occupons fait partie.

La nécessité de ce travail est venue de l'accroissement considérable de la population de ce district. La nouvelle conduite a dans toute sa longueur, de Hampton à Nunhead, 1,062 *m* de diamètre; elle est en fonte; dans le tunnel elle est remplacée par deux tuyaux juxtaposés de 0,784 *m* de diamètre. La canalisation commence à l'usine de la Compagnie, à Hampton, et après avoir passé sous la Tamise à Kingston se dirige le long de la grande route et à travers champs par Norbiton, Streatham, le parc de Dulwich, etc., jusqu'aux réservoirs de Nunhead. Sur ce parcours, la conduite passe cinq fois sous le London-Brighton and South Coast Railway et ses embranchements. La longueur totale est de 25 *km* à peu près.

Le tunnel est à section circulaire de 2,745 *m* de diamètre; il est en plaques de fonte de 25 *mm* d'épaisseur boulonnées ensemble par longueur de 0,45 *m*. La méthode employée pour le percement est semblable à celle qui a servi pour le tunnel du chemin de fer électrique de Stockwell au Pont de Londres. Un bouclier d'un diamètre un peu plus grand que celui du tunnel était poussé en avant dans l'argile au moyen de puissants vérins hydrauliques. L'avancement était de 0,45 *m*, longueur d'un anneau, de sorte qu'on pouvait placer celui-ci divisé en plusieurs segments et le boulonner à la partie déjà faite du tube métallique, puis continuer l'avancement et ainsi de suite. Dès que l'anneau était posé, on injectait tout autour du ciment liquide qui remplissait l'intervalle, d'ailleurs très faible, existant entre le terrain et la paroi extérieure du tube.

L'avancement était très rapide; on a quelquefois posé dans vingt-quatre heures 8 anneaux de 0,45 *m* soit une longueur de 3,60 *m* et la longueur totale de 174 *m* a été faite en 9 semaines.

Il est à signaler que la distance entre la partie supérieure du tunnel et le fond de la rivière ne dépasse en aucun endroit 0,76. Le tube est entièrement dans l'argile, le « London clay ».

Surchauffeurs de vapeur. — Notre collègue M. Walther-Meunier, Ingénieur en chef de l'Association alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur, donne dans son rapport sur l'exercice 1890 d'intéressants renseignements sur la surchauffe de vapeur qui paraît reprendre faveur en Alsace.

Nous nous demandons, dit M. Walther-Meunier, pourquoi les applications de la surchauffe n'ont pas été plus nombreuses malgré les succès obtenus, et nous croyons que cela tient à plusieurs causes. D'abord, quelques accidents arrivés aux moteurs à surchauffe lui ont été attribués, tandis qu'ils résultaient de défauts de construction et notamment du surmenage des machines. On ne possédait pas, à l'époque, les moyens d'exécution, les matériaux, les lubrifiants et les garnitures dont nous disposons aujourd'hui; nous devons malheureusement encore signaler un certain esprit de routine qui, jusqu'à l'apparition des machines Corliss et Allen, s'était introduit dans la construction et l'emploi des moteurs à vapeur, que nous devons attribuer à l'existence de machines relativement bonnes et aussi à la prospérité exceptionnelle de l'industrie à cette époque.

Les surchauffeurs de vapeur qui ont été introduits fonctionnent de

deux manières différentes. Les premiers, comme celui de Hirn, sont placés dans un carneau précédant ou faisant suite à la cheminée ; les autres se trouvent le plus près possible de la machine et sont pourvus d'un foyer spécial pour le chauffage de la vapeur. Ce sont ces derniers qui ont été installés d'abord par M. L. Uhler.

Surchauffeur Uhler. — L'appareil ressemble, comme disposition, à la chaudière Field et se compose d'une série de tubes pendentifs fermés dans le bas et communiquant par le haut avec un collecteur qui conduit la vapeur surchauffée à la machine. A l'intérieur de ces tubes s'en trouvent d'autres ouverts par le bas, placés concentriquement et reliés par un autre collecteur à la prise de vapeur des chaudières. Les tubes sont renfermés dans un foyer cylindrique chauffé par le bas par une grille circulaire ; la vapeur à surchauffer entre par les tubes intérieurs, les parcourt en descendant et remonte dans les tubes pendentifs, en contact direct avec la flamme du foyer, pour se rendre au collecteur et à la machine.

La disposition de cet appareil, d'après les renseignements que nous avons pu recueillir, remonte à 1866 déjà et a fait l'objet de quelques applications en Allemagne, par l'usine Friedrich-Wilhelm, à Troisdorf, près de Cologne, et par M. Piedbœuf, à Aix-la-Chapelle. Les surchauffeurs, à l'époque, eurent peu de succès, principalement par suite de la difficulté de tenir étanches les assemblages des tubes aux collecteurs, et peut-être aussi à cause des détails de construction et d'emploi de matériaux insuffisamment étudiés. Les tubes étaient en fonte, moins nombreux et d'un diamètre plus fort que dans le surchauffeur de M. Uhler, où ils sont en fer.

M. Walther-Meunier a fait plusieurs expériences sur le surchauffeur Uhler; cet appareil était appliqué à une batterie de huit chaudières, avec réchauffeur Green de 416 tubes, desservant une machine horizontale jumelle de 500 chevaux, distribution à quatre tiroirs, construction des ateliers de Bitschwiller. Ce moteur, pour diverses raisons, ne pouvait pas être considéré comme un moteur de premier ordre.

Sept des chaudières étaient exclusivement affectées au service de la machine. Les dispositions habituelles avaient été prises pour le jaugeage de l'eau d'alimentation et dans les ateliers pour assurer à la machine un développement de puissance aussi régulier que possible durant les deux périodes d'expériences. Pour assurer l'état calorifique de la batterie de chaudières, les essais eurent lieu à un intervalle de huit jours, en choisissant les mêmes jours de la semaine. Les conditions atmosphériques étaient les mêmes.

L'économie résultant du surchauffeur était à évaluer en houille brute sèche consommée par heure et force de cheval indiquée et développée par la machine. Trois échantillons de 50 *kg* chacun furent donc prélevés chaque fois et séchés pendant quarante-huit heures sur le massif des chaudières. Le combustible employé pour les générateurs était de la braisette lavée, mi-grasse, du bassin de Charleroi ; le chauffage du surchauffeur se faisait avec de la houille de Ronchamp tout-venant, la disposition de la grille ne permettant pas l'emploi de la houille belge.

Les essais sans surchauffeur eurent lieu les 29 et 30 mai 1890, et avec réchauffeur les 4 et 5 juin.

La surface totale de chauffe des générateurs du type ordinaire à trois bouilleurs était de 252 m^2 et la surface de la grille de 15,11.

Un essai de chaque genre eut lieu avec sept chaudières, et un avec cinq seulement.

Dans les essais avec surchauffe, la température de la vapeur à la sortie du surchauffeur fut trouvée de 255,5° et 269 40 donnant une surchauffe respective de 96,50 et 110°, la vapeur étant produite à 5,07 et 5,24 *kg*. La conduite ayant 22 *m* de parcours, le gain de température était encore à l'entrée des tiroirs de 36,21 et 43,98°.

La puissance indiquée totale et le nombre de tours furent très sensiblement identiques dans les quatre essais. La dépense de vapeur par cheval indiqué et par heure fut trouvée de 12,69 et 12,54 *kg* pour les essais sans surchauffe, et de 9,31 et 8,35 *kg* pour les essais avec surchauffe.

En somme, l'économie en vapeur a été de 26,14 à 29,82 0/0, et l'économie en charbon de 22,11 à 25,85.

Un autre essai, fait sur une machine compound horizontale à quatre tiroirs donnant 300 chevaux indiqués et alimentée avec de la vapeur à 6 1/2 *kg*, a donné une économie de 19,8 0/0 en vapeur et de 16,15 0/0 en charbon.

M. Walther-Meunier ajoute qu'après une marche de huit mois, il peut dire que le surchauffeur Uhler, dans l'établissement où il a fonctionné en premier lieu, se montre satisfaisant au point de vue économique.

L'appareil a donné lieu à quelques réparations et modifications dues tant à une exécution défectueuse qu'à une étude incomplète des conditions de fonctionnement ; la pratique seule pourra renseigner sur sa durée.

Pour ce qui concerne l'emploi de la vapeur surchauffée dans le moteur expérimenté, on doit à l'obligeance du propriétaire de l'établissement les informations suivantes :

1° La mise en marche de la machine, très délicate avant l'application de la surchauffe, à cause de la communication directe de l'enveloppe de vapeur avec le cylindre, est devenue très facile. Cela résulte de l'absence d'eau dans les conduites d'amenée qui ne fournissent que de la vapeur sèche ;

2° Le graissage exige l'emploi d'huile à 68 *f* au lieu de 60 *f* les 100 *kg*, mais en moindre quantité, de sorte que les frais restent sensiblement les mêmes ;

3° Les garnitures des presse-étoupes ont dû être remplacées par des bourrages métalliques après l'application de la surchauffe ;

4° La visite de l'intérieur des cylindres et des organes de distribution n'a pas révélé la présence de paillettes d'oxyde de fer, que l'on pouvait supposer s'être détachées de l'intérieur des tubes du surchauffeur et entraînées par le courant de vapeur.

Les autres applications du surchauffeur Uhler sont de date trop récente pour permettre de donner des renseignements certains au point de vue

de la conservation. Ce surchauffeur peut d'ailleurs être monté dans un carneau au lieu d'être installé avec chauffage direct.

(A suivre.)

Température intérieure du sol. — Nous avons, dans la Chronique d'Avril dernier, page 557, donné quelques indications sur des expériences faites en Allemagne pour apprécier la température du sol à de grandes profondeurs. Il a été exécuté récemment aux États-Unis des expériences analogues. M. Hollack, ingénieur du gouvernement américain, a opéré dans le puits dit Bogg's Run, de la Compagnie du Wheeling Development, puits qui a actuellement 1 372 *m* de profondeur. Les expériences ne sont pas achevées, mais les résultats déjà obtenus sont assez complets pour que les chiffres aient une valeur sérieuse.

Voici comment on opérait : Des seaux en cuivre de 0,50 *m* environ de profondeur étaient remplis d'eau, et on y plaçait des thermomètres à maxima. Ces seaux étaient attachés à une corde à 150 *m* les uns des autres et descendus dans le puits à diverses profondeurs, de manière à s'appuyer contre la paroi du puits. On les laissait douze heures en place, de manière à être certain que l'eau avait pris la température du terrain.

On remontait ensuite les seaux et on observait le degré maximum atteint par les thermomètres. On a constaté que la température au fond du puits atteignait seulement 110° Fahrenheit, soit 29,1° centigrades. L'accroissement a été en moyenne de 1° Fahrenheit par 78 pieds de profondeur, ce qui correspond à 1° centigrade pour 42,90 *m*. Ces chiffres diffèrent considérablement de ceux qui sont admis généralement et de ceux que nous avons cités précédemment. Nous rectifierons, à propos de ces derniers, une erreur d'impression du tableau de la page 557 du Bulletin d'Avril : la dernière colonne donne des mètres et non des degrés, et, dans la dernière ligne, on doit lire 30 à 35 *m* et non 30 à 35°.

Mouvement de la chaleur dans les parois des cylindres. — A une réunion récente de l'Institut Américain des Ingénieurs électriciens, le professeur E. H. Hall a communiqué les résultats de quelques expériences préliminaires qu'il a exécutées dans le but de rendre apparent le mouvement de la chaleur dans les parois d'un cylindre à vapeur en fonctionnement.

Voici, en principe, la méthode employée :

On n'opère pas sur les parois mêmes du cylindre, mais sur une plaque métallique immergée dans la vapeur et susceptible d'opérer avec la vapeur les mêmes échanges de chaleur que les parois. Cette plaque de 1/2 *mm* d'épaisseur fait partie d'un circuit fermé par une pile thermo-électrique, de sorte que les moindres variations de sa température sont traduites sur un galvanomètre. La machine marchait à 64 tours par minute et détendait au quart de la course. La température était maximum au moment de la fermeture à l'admission et décroissait rapidement pour arriver au minimum pendant l'échappement, et remontait dès l'ouverture de l'admission, où la chaleur se précipitait pour ainsi dire sur la pièce métallique. Ces opérations préliminaires ne donnent que l'indication des phénomènes et ne constituent, en quelque sorte,

qu'une analyse qualitative; il serait à désirer qu'on pût les compléter par des résultats quantitatifs, pour apporter de nouvelles contributions à l'étude de cette question fondamentale des machines à vapeur, l'échange de chaleur entre la vapeur et les parois des cylindres.

Transit rapide à New-York. — On ne cesse de se préoccuper à New-York d'améliorer les moyens rapides de transport. La Commission chargée d'étudier la question de nouvelles lignes vient de publier son rapport, qui contient des conclusions de nature à étonner bien des gens. En effet, elle conseille deux modifications radicales à ce qui a été fait jusqu'ici : elle propose un tracé souterrain et la traction électrique. Il est probable que ses membres auront été influencés par le succès de la ligne électrique souterraine du City and South London, ouverte il y a quelque temps à Londres.

Il n'y a aucun doute, dit le *Railroad and Engineering Journal*, qu'un chemin de fer souterrain est exécutable à New-York à un prix qui permette un trafic rémunérateur. On fera bien, d'abord, quelques objections à ce mode de voyager, mais on s'y habituera rapidement, surtout si on gagne du temps. En revanche, ce journal fait toutes réserves au sujet de la traction électrique, faisant observer avec raison que ce n'est qu'une désignation générale et qu'on peut discuter beaucoup plus pour le choix du système particulier que pour l'adoption du principe lui-même.

COMPTES RENDUS

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Avril 1891

Notice sur les **travaux de canalisation des rivières en Allemagne**, par M. Boulé, inspecteur général des Ponts et Chaussées.

La navigation intérieure est favorisée en Allemagne par la largeur, le débit abondant, le régime régulier et la pente relativement faible des grands fleuves. Si l'on recherche, par exemple, à quelle distance de la mer il faut remonter pour s'élever de 100 *m*, on trouve :

Pour l'Elbe (près de Dresde)	662 *km*.
— le Rhin (près de Carlsruhe)	621
— l'Oder (en aval de Breslau)	524
— le Weser (près de Karlshafen)	399

En France, la distance à parcourir pour s'élever à la même hauteur de 100 *m* est plus faible. On trouve en effet :

Sur la Seine (embouchure de l'Aube)	547 *km*.
— la Loire (à Orléans)	370
— la Garonne (près de Toulouse)	380
— le Rhône (près de Valence)	220

L'inconvénient des fleuves d'Allemagne résultait de l'indétermination des rives et des sinuosités des chenaux ; on a dû, dès lors, se préoccuper de régulariser la largeur et les alignements par des digues et des épis beaucoup plus que de chercher à augmenter le tirant d'eau par des barrages, comme on le fait en France, ce qui établit une différence profonde entre les travaux d'amélioration de la navigation intérieure naturelle dans les deux pays.

D'autre part, pour ce qui concerne la navigation artificielle, en France il y a, en regard de 7 743 *km* de rivières navigables, 4 756 *km* de canaux, et, si on continue à améliorer ce genre de voies, on ne songe plus guère à en creer de véritablement nouvelles, tandis qu'en Allemagne, en face de 8 000 *km* de fleuves et rivières navigables, on ne compte guère actuellement plus de 1 000 *km* de canaux ; mais on se préoccupe vivement d'en créer de nouveaux, et les projets abondent.

C'est cette différence des conditions actuelles des réseaux des voies navigables qui amène les divergences de vues des Ingénieurs des diverses nationalités, divergences qui ont été mises en évidence aux Congrès de navigation de Vienne 1886 et de Francfort 1888.

En Allemagne, on accepte pour les rivières des tirants d'eau qui paraissent bien faibles aux Ingénieurs français ; mais, en revanche, on demande des dimensions considérables pour les ouvrages d'art des ca-

naux en projet (écluses de 57,50 *m* sur 7 *m* de largeur), afin d'y faire passer les grands bateaux qui peuvent circuler avec 2 *m* et même parfois 2,50 *m* de tirant d'eau en bonnes eaux sur les fleuves, mais qui naviguent à chargement réduit pendant la saison sèche.

En France, au contraire, on se contente, pour les canaux, d'ouvrages d'art permettant la circulation des péniches de 38,50 *m* de longueur et 5,20 *m* de largeur; mais ces bateaux ont besoin de trouver un mouillage minimum de 2 *m*, et on cherche à réaliser ce mouillage sur les fleuves et rivières; pour y arriver, il faut opérer des travaux de régularisation et, si ces travaux ne suffisent pas, il est nécessaire de canaliser les rivières ou de les doubler d'un canal latéral.

L'emploi des barrages mobiles qui a été l'instrument principal de l'amélioration des rivières en France est très exceptionnel en Allemagne. A part les ouvrages établis par les Ingénieurs français en Alsace-Lorraine, on ne compte guère que les cinq barrages du Mein, entre Francfort et Mayence, le barrage de Charlottenbourg sur la Sprée, deux sur le haut Oder et quelques barrages en projet sur le même fleuve.

La note donne quelques détails sur les barrages à tambour du Mein, construits sur les plans de M. Mohr, d'après un système analogue à celui employé par M. Desfontaines sur la Marne et sur le barrage de Charlottembourg, établi, avec de grandes améliorations, dans le système des anciens barrages d'usines à vannes levantes du haut d'un pont.

Notice sur le **canal de l'Oder à la Sprée**, par M. L. Monet. Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Le canal de l'Oder à la Sprée a pour but de remplacer par une nouvelle voie, accessible elle aussi aux bateaux moyens de l'Elbe, dont la longueur est de 62,50 *m*, la largeur 8 *m* et le tirant d'eau 1,75 *m*, l'ancienne artère Brieskow-Havelort, laquelle ne peut recevoir que les bateaux ordinaires de l'Oder, dont les dimensions ne dépassent pas 40,20 *m* en longueur et 4,60 *m* en largeur.

Ce canal, qui quitte l'Oder à Fürstenberg et rejoint la Sprée à Copenick, a 88 *km* de longueur, dont 55,9 en cuvette neuve, 11,5 sur le canal Frédéric-Guillaume élargi et le surplus en rivière régularisée. La chute est de 8,95 *m*, rachetée par quatre écluses entre le bief de partage et la Sprée, et elle est de 13,28 *m*, rachetée par trois écluses, entre l'Oder et le bief de partage. Il y a donc en tout sept écluses. Outre ces ouvrages, il y a un grand nombre de ponts, dont deux pour chemins de fer.

La plus grande partie des eaux d'alimentation est fournie par les nappes souterraines; on compte, en cas d'insuffisance, sur les eaux de la Schlaube, cours d'eau naturel qui aboutit dans le bief de partage, et, en cas de besoin, on élèverait artificiellement les eaux de la Sprée.

La dépense a été évaluée à 19 millions de francs et est entièrement supportée par l'État. Les travaux, terminés sur 23 *km* au mois de novembre 1890, doivent être à peu près achevés au milieu de 1891.

Note sur l'**annonce des crues de l'Elbe en Bohême**, par M. Holtz, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

L'annonce des crues a une grande importance pour la navigation de l'Elbe où, au passage de la frontière de Bohême et de Saxe, le tonnage

annuel dépasse 2 millions de tonnes, tant à cause de cette importance même que pour les variations considérables de niveau qui s'y produisent. Cette annonce se fait par des procédés un peu différents de ceux qui sont appliqués en France.

Le principe est dans des observations faites sur les affluents de l'Elbe, la Moldau, la petite Elbe et l'Eger, mais ces observations portent, non sur les hauteurs, mais sur les débits qu'on obtient au moyen de la constatation de la vitesse par un moulinet perfectionné ou par des flotteurs.

Des règles, établies par MM. Harlacher et Richter, permettent d'obtenir la hauteur probable à Tetschen ou à Aussig. Ces règles sont d'une précision satisfaisante puisque les hauteurs prévues et les hauteurs observées ne donnent que des différences assez faibles : 1,70 *m*, par exemple, et 1,75, et 2,27 et 2,28 *m*.

Il est possible que les bons résultats obtenus tiennent aux circonstances locales : forme du bassin, faible longueur du parcours, etc., et que cette méthode, si digne d'ailleurs qu'elle soit de fixer l'attention, ne puisse être érigée en règle générale.

Note sur un **appareil enregistrant automatiquement la profondeur du thalweg d'une rivière,** par M. Schœncherffer, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Un profil de l'Elbe, relevé au moyen de cet appareil, était exposé dans la salle des délibérations du Congrès international de navigation intérieure à Francfort-sur-le-Mein, et l'appareil lui-même a été décrit dans le *Central Blatt der Bauverwaltung*, n° 34, année 1885.

L'appareil se compose d'une sorte de chariot glissant sur le fond de la rivière et pouvant tourner sur un axe fixé sur un bateau. Selon que le fond est plus ou moins distant du niveau, l'axe déplace un crayon qui trace une ligne sur un papier se déroulant d'un mouvement uniforme. Cet appareil, inventé par M. Stecker, coûte 875 *f*. Il a permis de faire en dix jours le sondage de l'Elbe sur 480 *km* de longueur.

Travaux d'assainissement de Francfort-sur-le-Mein, par M. Hirsch, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Des travaux considérables, exécutés dans les vingt dernières années, ont complètement transformé l'ancienne cité de Francfort-sur-le-Mein. Ceux de ces travaux qui ont eu spécialement pour but d'améliorer l'état sanitaire de la ville sont : 1° la distribution d'eau; 2° l'évacuation des eaux d'égouts; 3° le traitement des eaux d'égouts.

L'ancienne alimentation d'eau étant très défectueuse, on a, vers 1873, amené les eaux des sources du Vogelsberg, représentant 138 *l* par jour et par habitant. En 1885, on a complété cette alimentation par l'élévation mécanique des eaux d'une couche profonde existant dans le sol du Stadtwald, coteau situé sur la rive gauche du Mein, en aval de Francfort. Le service des eaux, tel qu'il est établi actuellement, est très rémunérateur, car les recettes montent annuellement à 900 000 marcs en nombre rond, tandis que les dépenses d'exploitation ne dépassent pas 175 000.

Le système d'évacuation des eaux a été établi d'après le principe de l'entrainement; les eaux usées, les déjections humaines, toutes les or-

dures susceptibles d'être charriées doivent être emmenées au loin avec les eaux pluviales et les eaux de fond.

Le système d'égouts se compose de collecteurs et d'égouts secondaires, les premiers suivant à peu près les lignes de niveau, et les autres les lignes de plus grande pente, normales au Mein. Sur chacune des rives, le réseau se divise en deux systèmes : le système haut et le système bas. Les collecteurs vont aboutir au Mein à une grande distance en aval de la ville. Le nettoyage des égouts se fait par les eaux excédentes de la canalisation. La ventilation s'effectue par des regards et par les tuyaux de chute des maisons, qui forment cheminées. Il y a, en outre, un certain nombre de cheminées véritables installées dans les tours de la vieille enceinte de la ville.

Le système du tout-à-l'égout a bien fonctionné pour la ville de Francfort, mais les riverains se sont plaints de la pollution des eaux du Mein et la ville a été mise en demeure d'avoir à épurer ses eaux avant de les déverser dans la rivière. On ne pouvait songer à l'épuration par le sol, faute de terrains, on a dû recourir à l'épuration mécanique et chimique, qui n'est qu'un pis-aller.

L'usine d'épuration est située à 4,5 *km* de la ville; les eaux sales y sont amenées par les collecteurs, celui de la rive opposée franchissant la rivière en siphon. Il y a deux groupes de six bassins de décantation, chaque groupe peut traiter en temps normal 20 000 m^3 par jour et le double en temps de pluie. Les eaux sont d'abord décantées et les matières lourdes en suspension se déposent, puis elles passent dans des cribles qui retiennent les corps flottants. La décantation s'opère parfaitement, grâce à l'extrême lenteur du mouvement et à l'emploi de réactifs chimiques, sulfate d'alumine et chaux. On emploie 1 *t* du premier et 1/4 *t* de la seconde pour 6 000 m^3 d'eau. L'épuration du mètre cube revient à 0,01 1/2 *f* et la dépense par an et par habitant à 1,25 *f* environ, y compris intérêts, amortissement et frais d'exploitation.

Les résultats, au point de vue hygiénique, ont été très manifestes. Jusqu'en 1870, la mortalité due à la fièvre typhoïde oscillait autour d'une moyenne de 71 décès par an et par 100 000 habitants. A partir de 1875, époque où les travaux commencèrent à produire leur effet, cette mortalité s'abaissa progressivement jusqu'à 16, ce qui représente une réduction de 4,4 à 1.

En 1883, sur 100 maisons, il y en avait 70 rattachées à la distribution d'eau et 78 rattachées au réseau d'égouts.

ANNALES DES MINES

1re Livraison de 1891.

Expériences sur la sédimentation, par M. J. Thoulet, professeur à la Faculté des sciences de Nancy.

La sédimentation est la chute d'un sédiment fin à travers un liquide

et son dépôt sur le fond. Ce phénomène, d'apparence simple, est, en réalité, extrêmement compliqué par le grand nombre de causes qui superposent leur action.

L'auteur a cherché à se rendre compte de ces influences en opérant avec un tube de verre calibré et jaugé au mercure, fermé à un bout et gradué ; on mélange le solide au liquide, on agite et on laisse déposer à une température constante ; on mesure, à divers moments, la position de la nappe formée. On opère avec du kaolin blanc de Limoges mélangé à de l'eau distillée.

On constate d'abord que la vitesse de chute est uniforme. L'influence de la température est très appréciable ; la chute s'opère d'autant plus rapidement, à conditions égales, que la température est plus élevée. Cette accélération de la descente par accroissement de la température peut s'expliquer en supposant que la différence de densité entre la matière solide et le liquide, laquelle augmente avec la température, est le facteur le plus important du mouvement. Cette explication donne la clé de divers phénomènes qu'on peut observer sur les eaux plus ou moins troublées.

Deux phénomènes principaux ont été étudiés au cours de ces expériences, l'action exercée par la quantité plus ou moins grande du sédiment et l'apparition de nappes au sein du liquide.

La descente de la nappe supérieure est d'autant plus lente que la quantité de sédiment est plus considérable. Quant aux nappes ou strates, on remarque qu'elles sont d'autant plus nombreuses que la quantité de sédiment est plus considérable et que l'apparition de chacune d'elles coïncide avec un ralentissement ou un arrêt momentané de la strate ou même des strates susjacentes.

On constate également que le phénomène des nappes ne se produit que lorsque le liquide contient une certaine quantité de sediment par unité de volume.

L'auteur a aussi étudié l'influence des corps en dissolution. L'acide chlorhydrique, même en très faible quantité, produit un effet notable d'accélération qui augmente proportionnellement à la quantité d'acide. L'eau de mer a pour effet de faire disparaître complètement le phénomène des nappes, dès que sa proportion atteint 1/2 0/0. Cette observation est importante au point de vue de la formation des barres à l'embouchure des fleuves.

La pression ne modifie pas subitement la vitesse de précipitation, au moins jusqu'à 12 atmosphères. On peut admettre que les particules des sédiments fixent l'air en dissolution et l'entraînent avec elles. On peut expliquer ainsi l'aération et l'habitabilité des eaux abyssales de l'Océan, sans qu'il soit nécessaire d'admettre une circulation océanique profonde verticale, hypothèse qui ne s'est pas trouvée justifiée jusqu'ici.

Étude sur les **Institutions de prévoyance** des ouvriers des chemins de fer et des mines en Angleterre, Italie et Belgique, par M. Aymé-Martin, avocat à la Cour d'appel de Paris.

Il résulte de cette étude qu'au point de vue des institutions de prévoyance, l'Angleterre est le pays où l'association est le mieux entrée

dans les mœurs, car la statistique semblerait indiquer que 10 millions de citoyens y sont de près ou de loin intéressés aux associations ouvrières. Les Compagnies de chemins de fer participent toutes dans une mesure plus ou moins large aux caisses de retraite et aux caisses de pension. Quant aux mineurs, ils s'assurent contre la maladie par des Sociétés de secours mutuels limitées à la mine, et contre les accidents par des associations qui s'étendent sur un district tout entier.

En Italie, aucune loi n'oblige les concessionnaires de mines à établir des institutions de prévoyance pour leurs ouvriers ; ils ont donc, pour garantir leur responsabilité civile, recours à la Caisse nationale d'assurances.

Au contraire, les chemins de fer sont dotés de caisses de retraites et de secours très complètes auxquelles l'État fournit un subside assez important.

La Belgique est l'une des premières parmi les nations qui se sont préoccupées des institutions ouvrières. Sa loi sur les Sociétés de secours mutuels date de 1851 et son cahier des charges, qui porte obligation pour les exploitants de mines de créer des caisses de prévoyance, a été adopté en 1840.

Les ouvriers des chemins de fer de l'État sont assurés contre tous les risques par une caisse fort bien comprise. Les ouvriers mineurs sont assurés par deux espèces de caisses, les caisses particulières pour les maladies ou infirmités temporaires et les caisses communes pour les infirmités graves. Cette division est une chose recommandable, elle rappelle le système anglais qui a la caisse de la mine pour la maladie et la caisse de district pour les accidents. Malheureusement, en Belgique, la situation des caisses communes de prévoyance est loin d'être florissante, par suite de l'insuffisance des retenues et des allocations.

Statistique de l'industrie minérale de la France. — Tableaux comparatifs de la production des combustibles minéraux, des fontes, fers et aciers, en 1889 et en 1890.

La production totale des combustibles minéraux s'est élevée en 1890 à 26 327 000 *t* en augmentation de 2 023 499 *t* sur l'année 1889. Sur ce total, il y a 25 836 953 *t* de houille et d'anthracite et 490 055 *t* de lignite. Ces derniers sont produits pour 413 913 *t*, soit les 85 centièmes, par le bassin du Fuveau, dans les Bouches-du-Rhône. Pour les houilles et anthracites, le Nord et le Pas-de-Calais produisent 14 millions de tonnes en nombres ronds, soit les 55 centièmes du total ; après vient la Loire, mais pour 3 600 000 *t* seulement.

La production des fontes s'est élevée en 1890 à 1 970 160 *t*, en augmentation de 236 196 *t* sur 1889. Sur le total il y a 1 931 810 *t* de fonte au coke, 13 720 de fonte au bois et 24 630 de fonte mixte.

A un autre point de vue, le total se partage en 1 490 160 *t* de fonte d'affinage et 480 000 *t* de fonte de moulage ou de fonte moulée en première fusion. 1 083 000 *t* de fonte, soit plus de la moitié du total, sont produites dans Meurthe-et-Moselle ; après vient le Nord pour 235 000 *t* et le Pas-de-Calais pour 86 700 *t*.

La production totale des fers a été, en 1890, de 823 000 *t*, en augmen-

tation de 14 636 sur 1889. Le total se partage en 678 147 de fer puddlé, 12 353 de fer affiné au charbon de bois, et 132 860 de fer obtenu par réchauffage de vieux fers et riblons; cette dernière catégorie est en augmentation sur l'année précédente de 8 000 *t;* elle existe maintenant dans un grand nombre de départements, tandis qu'elle était autrefois concentrée dans un très petit nombre, dont le département de la Seine qui figure encore cette année pour 32 420 *t* contre 33 845 en 1889. La production des rails en fer a été, en 1890, de 141 *t* seulement contre 1 029 l'année précédente. C'est une fabrication qui disparaît absolument.

La production totale d'acier pour 1890 a été de 688 991 *t* de lingots d'acier Bessemer et Siemens-Martin, en augmentation de 62 759 *t* sur 1889. La production des aciers finis a été de 566 197 *t* en augmentation de 36 985 sur l'année précédente. Les rails entrent pour 173 930 *t* en augmentation de 8 166 sur 1889 et les tôles pour 107 783 en augmentation de 3 741 *t* sur l'année précédente. Les fabrications des aciers puddlé, cémenté, fondu au creuset et obtenu par réchauffage de vieil acier, présentent des chiffres très peu différents de ceux de 1889.

Les mines d'or du Transvaal, par M. DE LAUNAY, Ingénieur des mines, professeur à l'École supérieure des mines.

Les renseignements qui composent cette note sur les mines du Transvaal, qui est devenu depuis 1886 un des centres importants de production de l'or dans le monde, sont empruntés en partie à un rapport de M. Aubert, vice-consul de France à Pretoria et à divers travaux géologiques publiés à l'étranger.

Cette note consacre quelques pages à l'historique des mines du Transvaal signalées en 1864 et 1868 et mises en exploitation en 1884. Ces mines ont été pour la République du Transvaal la source d'une prospérité extraordinaire, mais ont donné naissance à une spéculation effrénée.

Elle étudie ensuite la géologie générale de l'Afrique du Sud et les terrains où se trouvent les gisements d'or, puis passe à la description des principaux gisements aurifères et des procédés d'extraction de l'or qui consistent en un broyage aux bocards, une amalgamation et une distillation.

Note sur les **dangers de l'emploi des boulons à charnière** pour maintenir les obturateurs amovibles de certains récipients de vapeur, par MM. POLONCEAU et OLRY, membres de la Commission centrale des machines à vapeur.

On sait que, pour faciliter l'ouverture de certains récipients, on fixe souvent leurs couvercles par des boulons à charnière qui peuvent se rabattre dès que leurs écrous sont desserrés et sans qu'on ait besoin de dévisser complètement ceux-ci.

Généralement les couvercles ont une forme convexe; mais, lors même que le rebord sur lequel portent les écrous est plat, la pression intérieure tend à lui faire prendre une inclinaison, et il arrive parfois que, par suite de cette inclinaison, les écrous glissent et que le couvercle se trouve projeté.

Il s'est produit un accident de ce genre en 1888, à Roanne, sur un

récipient, dit *évaporiseuse ;* il a causé la mort d'un homme ; d'autres se sont produits depuis dans des conditions analogues.

Les auteurs ont fait des expériences dans le but d'élucider cette question, en opérant sur un couvercle fermant une capacité où l'on pouvait produire une pression hydraulique, et maintenu par 18 boulons de 35 *mm* de diamètre.

On pouvait mesurer la déformation du couvercle sous la pression, grâce à une règle métallique munie de pointeaux. Avec un joint plat formé d'une tresse de chanvre imprégnée de suif, l'appareil a résisté et la déformation a été peu sensible. Mais avec un joint formé d'un anneau en caoutchouc, le bord du couvercle s'est infléchi, les boulons se sont inclinés et les rondelles placées sous les écrous ont glissé sur les bords de l'obturateur en y laissant des traces de frottement. Cet effet se trouve encore amplifié si on serre le joint très fortement. Il faudrait que les boulons se trouvassent placés le plus près possible du centre même du joint, et on pourrait y arriver en rapprochant les surfaces planes l'une de l'autre par l'emploi de deux demi-gorges, entre lesquelles serait compris l'anneau en caoutchouc. Mais le mieux serait encore de renoncer complètement aux boulons à charnière, pour les remplacer par des boulons ordinaires. Si les manœuvres y perdent en rapidité, on y gagnera du moins en sécurité, ce qui est l'essentiel.

Note sur le **coup de grisou survenu à la mine de Campagnac,** dans la nuit du 2 au 3 novembre 1888, par M. Bernard, Ingénieur des Mines.

Cette explosion, qui a causé la mort de quarante-neuf ouvriers, a une origine qui a été très difficile à découvrir. Après avoir éliminé successivement toutes les autres causes possibles de l'accident, on est arrivé, en présence des circonstances de la cause, à attribuer la catastrophe à un dégagement brusque et abondant de gaz qui a fait sortir la flamme des lampes Crosset-Dubrulle employées dans la mine. On a, depuis, remplacé ces lampes par des lampes Marsaut, et diverses autres mesures de précaution ont été prises pour prévenir, dans la mesure du possible, le retour de semblables explosions.

Notice nécrologique sur M. du Souich, Inspecteur général des Mines, par M. E. Castel, Inspecteur général des Mines.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

RÉUNIONS DE SAINT-ÉTIENNE

Séance du 6 juin 1891.

Locomotives compound. — M. A. Mallet écrit pour signaler une erreur matérielle contenue dans la communication de M. Jules Garnier faite dans la séance du 2 mai. Il y était dit : « Aujourd'hui

cette question a fait un grand progrès, car l'exposition dernière, celle de 1889, offrait plusieurs types de locomotives compound, tandis que l'exposition de 1878 n'en possédait pas. » A l'exposition de 1878 figurait, au contraire, une locomotive compound destinée au chemin de fer de Bayonne à Biarritz.

M. A. Mallet signale également les bons résultats obtenus des locomotives compound articulées de son système sur les lignes à voie de 0,80 *mm* des houillères de Blanzy, résultats qui ont décidé la Société des mines de Blanzy à étendre cette application.

Communication de M. Brustlein sur le **voyage en Amérique** qu'il a fait l'année dernière avec les autres membres de l'Institut du Fer et de l'Acier.

Cette communication, dont il n'est donné dans cette séance que la première partie, renferme des renseignements aussi nombreux qu'intéressants, mais dont il serait impossible de donner une idée dans un résumé très succinct.

Communication de M. Rossigneux sur **l'influence des poussières charbonneuses** dans les explosions de grisou.

Il s'agit d'expériences faites en Angleterre par M. Hall, inspecteur royal des mines. On opérait dans un puits abandonné au fond duquel était placé verticalement un canon auquel on mettait le feu par l'électricité. On jetait en même temps du haut du puits 200 *kg* de fine poussière de houille. On obtint presque toujours une violente explosion et une flamme considérable, bien que l'atmosphère du puits ne contint aucune trace de grisou. Ces essais qui n'apprennent rien de bien nouveau sont néanmoins intéressants par la grandeur de l'échelle sur laquelle ils ont été opérés.

Communication de M. Leseure sur **le fonçage du puits n° 10 des mines de Lens par la congélation.**

Le puits fut amorcé au diamètre de 7 *m* sur 4 *m* de hauteur jusqu'au niveau de l'eau, on rencontra ensuite des sables, craies tendres et craies fendillées puis plus bas des marnes argileuses et des craies bleues. Lorsqu'on fut descendu à 25 *m* avec toutes sortes de difficultés et d'accidents, la venue d'eau atteignit une importance telle qu'on dut renoncer à continuer le mode de fonçage à niveau vide.

On résolut de recourir au procédé Poetsch. Il fut pratiqué 28 sondages dans lesquels furent descendus les tubes congélateurs. La machine à froid est du système Fixary, à ammoniaque ; le liquide réfrigérant, du chlorure de calcium. On pense que l'opération de congélation ne demandera pas plus de trois mois et qu'on pourra commencer le fonçage au mois d'août.

Communication de M. Grand sur le **compresseur Riedler** et le **compresseur Hanarte.**

Il s'agit d'une réponse de M. Hanarte à la note de M. Riedler contenue dans la communication sur les installations de la Compagnie Popp dans la séance du 4 avril (voir *Comptes rendus* de mai 1891, p. 717). M. Hanarte rappelle que la compression étagée a été mise en pratique

depuis fort longtemps, il dit qu'avec sa disposition de compresseurs à nappe d'eau à action croissante en profil parabolique on obtient un refroidissement aussi énergique qu'avec les pulvérisations, avec une meilleure utilisation de l'eau.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 27. — 4 *juillet* 1891.

Développement technique des Compagnies de navigation « Lloyd de l'Allemagne du Nord et Hambourgeoise-Américaine », par R. Hoack et C. Busley *(suite)*.

Considérations sur le développement de l'emploi des appareils hydrauliques de levage en Allemagne, au sujet des nouvelles installations des ports-francs de Brême et de Hambourg, par Ad. Ernst *(suite)*.

Chemin de fer souterrain à Londres, par L. Trooke *(suite)*.

Coût de la vapeur produite à diverses allures des chaudières, par C. Friedmann.

Groupe de Manheim. — Éclairage électrique. — Fabrication du malt. — Régulateur d'éclairage au gaz.

Réunion générale des maîtres de forges allemands à Siegen les 12 et 21 juin 1891.

Variétés. — Coup d'œil sur la marche des associations prussiennes de surveillance des appareils à vapeur en 1890. — Compteurs d'électricité.

Correspondance. — Conditions de travail dans les mines anglaises comparées à celles du continent.

N° 28. — 11 *juillet* 1891.

Développement technique des Compagnies de navigation « Lloyd de l'Allemagne du Nord » et « Hambourgeoise-Américaine », par R. Haack et C. Busley *(suite)*.

Appareil pour dessiner en perspective de Hauck-Brauer.

Chemin de fer souterrain à Londres, par L. Troske *(suite)*.

Groupe du Rhin inférieur. — Appareils divers pour apprécier le tirage, compteur de volume, manomètre et pyromètre. — Nouvelle hélice. — Manches de limes. — Mesure graphique du travail d'une machine à vapeur. — Premiers secours en cas d'accidents. — Régulateur pour machines marines.

Bibliographie. — Annuaire des écoles supérieures allemandes pour le semestre d'été de 1891, par W. Scheffler.

Variétés. — Technicum d'Hildburghausen. — Expériences sur l'usure des câbles en chanvre et des câbles métalliques.

Pour la Chronique et les Comptes rendus,
A. MALLET.

PARIS. — IMPRIMERIE CHAIX, 20, RUE BERGÈRE. — 17572-8-91.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

AOUT 1891

N° 8

Sommaire de la séance du 7 août 1891 :

1° *Décès* de MM. A.-L. Ancelin, J.-J. Charpentier, A. Léon et Clémandot (Séance du 7 août), page 123.

2° *Don de bon* de l'emprunt de 75,000 *f* (Séance du 7 août), page 124.

3° *Chemin de fer à voie étroite*, par M. H. Coste, et observations de MM. Grille, P. Regnard, P. Jousselin, E. Roy et A. Moreau (Séance du 7 août), page 124.

4° *Paris port de mer* (Discussion de), par MM. E. Badois, L. Vauthier, E. Roy et Bouquet de la Grye (Séance du 7 août), page 132.

Pendant le mois d'août 1891, la Société a reçu :

32314 — De M. A. Gibon (M. de la S.). *La paix des ateliers. Institutions de nature à faciliter la conciliation et l'arbitrage entre patrons et ouvriers.* (In-8° de 54 p.). Paris, Guillaumin et C^ie^, 1891.

32315 — De M. E. Polonceau (M. de la S.). *De la chaleur centrale dans l'intérieur des massifs*, par J. Meyer. (In-8° de 26 p., avec pl.). Lausanne, G. Bridel, 1891.

32316 et 32317 — De M. A. Picard. *Rapports du Jury international.* Groupe de l'Économie sociale, 2^e^ partie, 1^er^ fascicule. Groupe II, 2^e^ partie, Matériel et procédés des arts libéraux, classes 9 à 16. Paris, Imprimerie Nationale, 1891.

32318 — De M. E. Polonceau (M. de la S.). *Note sur les dangers de l'emploi des boulons à charnière pour maintenir les obturations amovibles de certains récipients de vapeur*, par E. Polonceau et Olry. (In-8° de 37 p., avec pl.). Paris, Veuve Ch. Dunod, 1891.

32319 — De M. A. Madamet. *Résistance des matériaux.* (Gr. in-8° de 486 p.) Paris, E. Bernard et C^ie^, 1891.

32320 — De M. Quinette de Rochemont. *Les ports allemands de la Baltique.* (In-8° de 110 p.). Paris, Veuve Ch. Dunod, 1891.

32321 — De la Société industrielle de Rouen. *De l'application du timbre mobile de 10 centimes Pétition.* (Gr. in-8° de 17 p.). Rouen, Deshayes et C^ie^, 1891.

32322 et 32323 — Du Ministre des Affaires étrangères. *Les conditions du travail dans le Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande. — Les conditions du travail dans l'Empire russe.* (In-8°.). Paris et Nancy, Berger-Levrault et C^ie^, 1891.

32324 — De M. L. Lecornu. *La Tour Eiffel.* (In-12 de 42 p.). Caen, E. Adeline, 1889.

32325 — De M. E. Polonceau (M. de la S.). *Les procédés hygiéniques pour les percements de longs tunnels à ciel fermé*, par D. Colladon. (In-8° de 14 p.). Genève, Ch. Schuchardt, 1883.

32326 — De M. Quinette de Rochemont. *Les ports allemands de la mer du Nord.* (In-8° de 139 p.). Paris, Veuve Ch. Dunod, 1891.

32327 — De l'Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur. *17^e^ Bulletin, Exercice 1890.* Paris. E. Capiomont et C^ie^.

Les membres nouvellement admis pendant le mois d'août 1891 sont :

Comme membres sociétaires :

MM. Beau (E.), présenté par MM. E. Polonceau, Morandière, Buron.
Coze (A.), — Jousselin, Lencauchez, Portevin.
Dalmon (E.-A.), — Brûll, de Tédesco, Neu.
Poillon (E.-J.), — Périssé, Roy, Schmidt.

Comme membre associé :

M. Roger (Ch.), présenté par MM. Carimantrand, Desouches, Mallet.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'AOUT 1891

Séance du 7 Août 1891.

PRÉSIDENCE DE M. J. CHARTON, VICE-PRÉSIDENT

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT dit qu'il a la triste mission d'annoncer le décès de quatre membres de la Société :

M. A.-L. Ancelin, membre de la Société depuis 1883, avait créé le système de chauffage par l'acétate de soude, basé sur la chaleur latente de fusion et employé par bien des Compagnies de chemins de fer.

M. F.-J. Charpentier, un des membres fondateurs de la Société en 1848, métallurgiste distingué, avait été, pendant de longues années, sous-gérant des forges de Montataire.

M. Alexandre Léon, qui était membre de la Société depuis 1869.

Alexandre Léon était membre du Conseil supérieur du Commerce et de l'Industrie, membre du Conseil général du département de la Gironde et administrateur, depuis l'origine, de la Compagnie des chemins de fer du Midi.

Ses obsèques ont eu lieu le 31 juillet à Bordeaux, où il résidait, au milieu d'une assistance extrêmement considérable, témoignant la haute estime que tous ses concitoyens avaient pour lui. Notre collègue, M. Henry Péreire, a, devant la tombe, retracé dans un éloquent discours toutes les hautes qualités d'Alexandre Léon, son dévouement infatigable aux intérêts qui lui étaient confiés.

On ne peut rappeler ici tous les grands services qu'il a rendus, notamment dans l'industrie des chemins de fer.

Sous l'impulsion et la haute initiative d'Émile Péreire, il est un de ceux qui ont le plus contribué au développement industriel et agricole de toute cette contrée des Landes, qui s'étend depuis Bordeaux jusqu'à

Bayonne et qui était si déshéritée de tout il y a vingt-cinq ou trente ans.

En perdant Alexandre Léon, la Société perd un de ses membres les plus distingués.

Enfin, M. Clémandot, qui faisait partie de la Société depuis l'année 1848.

M. Polonceau a prononcé, sur la tombe de ce regretté collègue, un discours dans lequel il a rappelé tous ses travaux, tous les services qu'il a rendus à la science, toute cette longue et belle existence, consacrée entièrement au travail et au bien.

Ce discours, qui rend un si juste hommage à la mémoire de Clémandot, sera inséré dans le prochain Bulletin.

M. LE PRÉSIDENT demande la permission de n'ajouter ici qu'un mot : Clémandot, chercheur et travailleur infatigable, était très assidu aux séances de la Société. Personne de nous n'oubliera cette physionomie si bonne, si loyale et intelligente; c'est qu'il n'était pas seulement, dans sa spécialité, un Ingénieur des plus distingués; il était aussi le camarade par excellence, ne ménageant jamais ni son temps, ni sa peine, pour rendre service, pour être utile à ses collègues : c'était un homme de cœur dans toute l'acception du mot. Aussi M. le Président est sûr d'être l'interprète de tous, en disant que la Société s'associe du fond du cœur à la douleur des enfants et petits-enfants de Clémandot.

M. LE PRÉSIDENT signale parmi les ouvrages reçus celui de M. Madamet sur la résistance des matériaux.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Bocquet qui abandonne le bon qu'il avait souscrit à l'emprunt de 75 000 *f*.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. H. Coste sur *les chemins de fer à voie étroite* (voies de 1 *m* et de 0,60 *m* entre les bords intérieurs des rails).

M. COSTE indique qu'il désire soumettre à la bienveillante attention de la Société divers renseignements sur les chemins de fer à voie étroite donnés par la Compagnie des chemins de fer départementaux (dont M. Zens, membre de la Société, est le directeur) à divers Ingénieurs des Ponts et Chaussées et à divers conseillers généraux qui les lui avaient demandés.

Ces demandes qui avaient été faites en 1890, après l'Exposition, portaient principalement sur le chemin de fer système Decauville.

Sur ce type spécial de chemin de fer, M. Coste dit que les réponses de sa Compagnie furent très réservées et que, personnellement, il désire aussi s'abstenir de toute critique de ce système, pour éviter toute personnalité.

Il semble d'ailleurs à M. Coste que l'intérêt de la discussion doit porter uniquement sur la comparaison à faire entre les voies de 1 *m* et de 0,60 *m*, au double point de vue des conditions d'établissement et d'exploitation et de l'effet utile qu'on en peut obtenir.

Ces comparaisons résultent des réponses faites aux questions suivantes :

1° Épaisseur et largeur à donner au ballast pour une voie de 1 *m* et pour une voie de 0,60 *m* ;

2° Quels sont, pour l'une et l'autre voie, les plus grandes déclivités et les plus petits rayons de courbes admissibles pour une bonne exploitation;

3° Dans les conditions indiquées ci-dessus, quelle est la vitesse moyenne qu'on peut obtenir pour les trains, le nombre de voyageurs, et le poids utile en marchandises qu'on peut remorquer;

4° Poids des rails par mètre courant. Poids des locomotives;

5° Dépense kilométrique de superstructure et de matériel roulant pour chaque type de voie;

6° Frais d'exploitation.

1° Épaisseur et largeur du ballast. — (*a*) *Épaisseur.* — Pour obtenir une voie solide, satisfaisant aux nécessités d'une bonne exploitation, il est nécessaire, suivant M. Coste, de donner au ballast une épaisseur de 0,35 *m* au moins, à partir du niveau supérieur du rail, qu'il s'agisse de la voie de 0,60 *m* ou de la voie de 1 *m.*

(*b*) *Largeur.* —. La largeur en couronne doit être au moins égale, suivant les prescriptions du cahier des charges, annexé à la loi du 11 juin 1880, à la largeur adoptée pour le matériel roulant, toutes saillies comprises, laquelle ne doit pas dépasser, pour tenir compte des conditions de stabilité du matériel roulant en marche, une largeur égale à deux fois et demie la largeur de la voie.

On serait ainsi conduit à donner à la plate-forme du chemin de fer :

Une largeur de 4,10 *m* pour un matériel de 2,30 *m* de largeur à voie de 1 *m.*

Une largeur de 3,30 *m* pour un matériel de 1,50 *m* de largeur pour une voie de 0,60 *m.*

Mais M. Coste fait remarquer qu'il convient, pratiquement, de porter la largeur de plate-forme de la voie de 0,60 *m* à 3,50 *m* au moins, pour obtenir un accotement de ballast de 0,60 *m* au moins de largeur, afin d'atténuer autant que possible les déplacements latéraux de la voie.

2° Déclivités et rayons des courbes. — Pour la voie de 1 *m*, on peut adopter des déclivités atteignant 25 et même 30 *mm* par mètre et des courbes de 100 *m* de rayon; exceptionnellement, on pourrait descendre jusqu'à 60 *m* pour le rayon des courbes.

A titre d'exemple, M. Coste indique que sa Compagnie exploite diverses lignes dans des régions accidentées ou montagneuses et qui sont établies dans les conditions qui viennent d'être rappelées, telles sont :

(*a*) La ligne de Montereau à Château-Landon, qui présente des rampes de 25 *mm* et des courbes de 100 *m* de rayon. Les machines qui circulent sur cette ligne sont du type compound (système Mallet) et remorquent sur ces rampes une charge de 100 *t* et plus, à une vitesse moyenne de 18 *km* à l'heure.

(*b*) La ligne de Lavoûte-sur-Loire à Yssingeaux, qui présente sur 9 *km* de parcours des rampes de 25 et de 30 *mm*, combinées avec des courbes de 120 et même de 100 *m* de rayon. Les machines adoptées pour cette ligne sont aussi du système Mallet, pesant 19 *t* à vide et 25 *t* en ordre de marche et remorquent, à une vitesse moyenne de 15 *km* à l'heure, une charge de 70 à 75 *t.*

(c) La ligne d'Ajaccio à Vizzavona (Corse), qui est établie avec de longuesra mpes de 30 *mm* combinées avec des courbes de 100 *m* de rayon.

Comparant ces résultats d'exploitation avec ceux que l'on pourrait obtenir sur une voie de 0,60 *m*, M. Coste ajoute que pour ce dernier type de voie, on ne peut construire, pratiquement, que des locomotives de 12 *t* en ordre de marche, pouvant remorquer 25 à 30 *t* seulement, sur des rampes de 30 *mm* à une vitesse de 10 à 12 *km* à l'heure.

3° Vitesse des trains. Nombre de voyageurs et poids utile en marchandises. — *(a) Vitesse.* — Le nombre de tours d'une roue couplée ne peut, pratiquement, dépasser 3,5 tours par seconde. La vitesse à l'heure d'une machine est donc égale à $3{,}5 \times 3{,}6\ \pi\ D = 40\ D$ en chiffre rond.

Pour la voie de 1 *m*, les roues peuvent avoir sans inconvénient un diamètre de 1 *m*, et la vitesse de la locomotive est de 40 *km* au minimum.

Pour la voie de 0,60 *m*, le diamètre des roues ne peut être supérieur à 0,60 *m*, si l'on veut que la machine soit stable sur la voie et qu'elle puisse circuler dans des courbes de 40 à 50 *m* de rayon. La vitesse maxima est donc de 24 *km* à l'heure.

Ces vitesses de 40 et de 24 *km* sont respectivement réduites à 20 à 12 *km* quand les locomotives remorquent respectivement des charges de 70 à 80 *t* et de 25 à 30 *t* sur des rampes de 30 *mm*.

(b) Nombre de voyageurs.— Sur le chemin de fer de Lavoûte à Yssingeaux, on peut transporter dans chaque train 250 voyageurs avec un matériel (voitures et fourgons) pesant 53 000 *kg*. Le poids mort par voyageur est donc de 215 *kg*.

Pour une ligne à voie de 0,60, on peut admettre que le poids mort ne sera pas inférieur à 215 *kg* par voyageur. On ne pourra donc transporter que 140 voyageurs.

(c) Poids utile remorqué en marchandises. — La Compagnie de Chemins de fer Départementaux a des wagons pesant 3 000 *kg*, qui peuvent être chargés de 10 *t*. La charge utile remorquée sur les lignes déjà citées est au minimum de $\frac{70}{13\ t} \times 10\ t = 54\ t$.

Un wagon à la voie de 0,60 *m* pèse au minimum 1 800 *kg* et peut être chargé de 5 *t* au maximum.

La charge utile remorquée sur une voie de 0,60 *m* est au maximum de $\frac{30}{6{,}800} \times 5 = 22\ t$.

4° Poids des rails. — Poids des locomotives. — Sur les voies de 1 *m*, la Compagnie de Chemins de fer Départementaux emploie des rails en acier de 18 ou de 20 *kg* par mètre courant, sauf en Corse, où le rail adopté est à double champignon dissymétrique pesant 21,865 *kg* par mètre courant.

Pour les voies de 0,60 *m*, le rail doit être aussi lourd que pour les voies de 1 *m*, si l'on veut que le rail ne se déforme pas sous l'action considérable des efforts latéraux et que la voie ne se déplace pas, surtout dans les courbes et dans les pentes.

M. Coste cite à ce propos le précédent bien connu du Festiniog. Pour satisfaire aux nécessités du service autant que pour améliorer les conditions de stabilité de la voie, la Compagnie du Festiniog a été amenée successivement à remplacer les rails primitifs de 8 *kg* par d'autres de 15, puis de 24 *kg*.

5° Dépense kilométrique de superstructure et de matériel roulant. — *(a) Superstructure.*— M. Coste évalue à 26 000 *f* par kilomètre la dépense nécessaire pour la superstructure d'une ligne à voie de 1 *m*, y compris l'aménagement des gares extrêmes pour le transbordement des marchandises et à 24 500 *f* par kilomètre les frais de superstructure d'une ligne à voie de 0,60 *m*.

(b) Matériel roulant.— Tenant compte, d'une part, des frais de main-d'œuvre qui sont plus élevés par kilogramme, pour un matériel à voie de 0,60 *m* que pour un matériel à voie de 1 *m*, et d'autre part, de la nécessité, pour enlever un tonnage déterminé, d'avoir plus de wagons et de matériel pour une voie de 0,60 *m* que pour une voie de 1 *m*, M. Coste dit qu'on peut admettre que le prix du matériel roulant sera aussi élevé, sinon plus, pour la voie de 0,60 *m* que pour la voie de 1 *m*.

6° Frais d'exploitation. — M. Coste est d'avis que, toutes choses étant égales, les frais d'exploitation sont plus élevés pour une voie de 0,60 *m* de largeur.

Plus la voie est étroite, plus le degré d'oscillation latérale produite par une inégalité de la voie est grand, plus il y a d'inégalité dans les charges sur les ressorts et par suite sur les deux rails. La voie est donc plus fatiguée.

D'un autre côté, les pièces essentielles des machines et les fusées des essieux étant placées très près du ballast s'usent beaucoup plus vite sous l'action destructive des sables et des poussières qui, pendant la marche du train, entourent ces pièces.

Les pièces des organes ayant une faible section s'usent très vite et donnent lieu à des réparations et à des remplacements fréquents.

Les attelages et les ressorts des véhicules éprouvent aussi des secousses plus fréquentes et sont plus tôt mis hors de service.

Résumé. — M. Coste termine sa communication en résumant comme suit les observations qui précèdent.

Pour l'infrastructure, la dépense d'établissement d'une voie de 1 *m* n'est pas sensiblement supérieure à celle d'une voie de 0,60 *m* même quand le terrain naturel est accidenté. La différence de prix n'est pas appréciable si le terrain est peu accidenté.

Pour la superstructure, la différence de prix d'établissement entre les deux types de voie est insignifiante.

Et quant aux résultats d'exploitation, M. Coste ajoute :

Que la charge remorquée sur une voie de 0,60 *m* établie avec des pentes de 30 *mm* et des courbes de faible rayon n'atteint pas la moitié de celle remorquée sur une voie de 1 *m* de largeur établie dans des conditions équivalentes et que la vitesse des trains est aussi très sensiblement réduite ;

Que les frais d'entretien de la voie et du matériel roulant sont plus élevés pour la voie de 0,60 *m* que pour la voie de 1 *m*.

En outre, M. Coste fait remarquer que les lignes établies avec des voies de 0,60 *m* ne peuvent être comprises dans le groupe des lignes stratégiques, les wagons de ces lignes ne pouvant être utilement employés pour les transports des chevaux.

Il conclut en disant que, d'une manière générale, il ne paraît pas y avoir intérêt à construire des chemins de 0,60 *m* de largeur et que si pour quelques lignes spéciales on est conduit à adopter ce type de voie, il est nécessaire que la voie soit établie comme la voie de 1 *m*, avec des rails de 18 à 20 *kg* fixés sur des traverses ordinaires, si l'on tient à assurer la sécurité de la circulation des trains et à réduire autant que possible les dépenses d'entretien.

M. Grille demande la permission de répondre quelques mots à l'intéressante mais un peu archéologique communication qui vient d'être faite par M. Coste. En effet, beaucoup des renseignements qu'il a donnés ne correspondent plus à l'état actuel des choses.

En premier lieu, M. Coste voit dans la voie de 1 *m* la panacée universelle ; en examinant de près, et en prenant les chiffres qu'il indique lui-même, on voit que la plus grande partie des réseaux construits par les Compagnies du Sud de la France, des Economiques, des Départementaux en voie de 1 *m* aurait pu l'être au même prix en voie normale. En effet, les lignes qui constituent ces réseaux n'admettent pas de rayons au-dessous de 100 *m* et encore n'est-ce qu'à titre d'exception. Les rails pèsent entre 20 et 25 *kg* par mètre courant.

Les remarquables essais faits par M. Desdouit établissent, ce que les praticiens de chemins de fer savaient par expérience, que les véhicules à voie normale peuvent parfaitement circuler dans des courbes de semblable rayon. Si la voie normale avait été conservée, le léger surcroît de dépenses dû à l'emploi uniforme de rails de 25 *kg*, de traverses un peu plus longues et d'un élargissement de la plate-forme de 0,40 *m* eût été largement compensé par l'économie à réaliser sur les ateliers, les dépôts et matériel roulant, car il n'y aurait eu à prévoir de ce chef que la construction de machines neuves, ou l'appropriation d'anciens types devenus insuffisants pour le service des grandes lignes.

Est-ce à dire que beaucoup de lignes construites soit en voie normale, soit en voie de 1 *m*, n'auraient pas dû être laissées de côté ; non certes, mais ce que M. Grille affirme, c'est que toutes les fois que la construction d une ligne a été reconnue nécessaire, et que son prix revient à 80, 100 et 250 000 *f* le kilomètre, on aurait pu établir cette ligne en voie normale, et que dans ce cas l'emploi de la voie de 1 *m* a été fâcheux pour l'équilibre des finances.

La voie de 1 *m* est en elle-même une solution bâtarde, à moins de correspondre à un réseau homogène comme celui de la Corse. En Algérie, son emploi eût été des plus légitimes pour tout le réseau ; mais quand il s'agit de satisfaire au trafic local, au camionnage à vapeur destiné à drainer les marchandises dans les villages, dans les usines, dans les carrières, il n'en est plus ainsi, car elle n'a pas la souplesse nécessaire

pour permettre de passer dans les courbes que des anciens arrêtés de voirie, datant de Colbert, nous imposent.

La véritable place des tramways d'intérêt local, c'est la voie publique, de manière à aller chercher le trafic et non à le forcer à venir à soi; or, la plupart des traversées de villages sont faites par des routes de 8,50 *m* de largeur; et, quand on veut tourner à l'intersection de deux routes de cette largeur, bordées de propriétés bâties, le rayon de 20 *m* s'impose.

La voie de 1 *m* peut-elle donner ce résultat? M. Coste, qui en a l'expérience, nous dit: non, parce que, même avec les machines si souples de notre collègue Mallet, il nous déclare qu'il ne faut pas descendre au-dessous du rayon de 50 *m*.

Enfin, M. Coste a mis en avant plusieurs assertions qui pouvaient être vraies autrefois, mais qui ne le sont plus maintenant. — Ainsi, il nous a dit que le matériel à voie de 0,60 *m* ne pouvait avoir qu'une largeur de 1,50 *m;* or, M. Grille cite les concessions des lignes d'Aigues-Vives, de Chambéry, de Toury à Pithiviers, du Calvados, en voie de 0,60 *m*, pour lesquelles le gabarit des véhicules est de 1,80 *m* et celui des machines et des chargements, toutes saillies comprises, de 2,05 *m*. — D'après M. Coste, la plus forte machine qu'on puisse employer sur la voie de 0,60 *m* ne peut dépasser 12 *t;* cependant il est facile d'en montrer de 21 *t* en ordre de marche, c'est-à-dire plus puissantes que les machines Mallet des chemins de 1 *m*.

M. Coste nous a également dit comme un fait indiscutable que, au point de vue stratégique, la voie de 0,60 *m* devait être immédiatement écartée; cependant le réseau des places fortes de l'Est, réseau éminemment stratégique celui-là, est à voie de 0,60 *m;* son matériel transporte hommes, canons, chevaux, etc., et est remorqué par des locomotives de 14 *t*.

En ce qui regarde le poids du rail, M. Coste a posé en principe qu'il ne devait pas descendre au-dessous de 20 *kg* par mètre, mais cela dépend de la charge par essieu. La machine de 21 *t*, munie de deux groupes de trois essieux, ne pèse que 3 500 *kg* par essieu, charge insignifiante pour un rail de 15 *kg*.

Un membre. — Mais ce sont deux machines.

M. Grille répond que ce n'est qu'une machine. Il n'y a qu'une chaudière, un mécanicien, un chauffeur. La machine Mallet du Gothard avec ses six essieux et son poids énorme ne constitue qu'une machine.

Enfin, la voie de 0,60 *m*, d'après M. Coste, ne peut pas transporter de bestiaux. C'est une erreur; tout cela dépend du matériel roulant. — On ne peut pas citer de renversement de wagons à bestiaux sur la voie de 0,60 *m*, tandis qu'on en cite pour la voie de 1 *m* et la voie de 0,75 *m;* mais ces déraillements tiennent, non à la voie, mais au matériel, dans lequel les essieux avaient été trop rapprochés dans le but de faciliter le passage dans les courbes; ce qui créait à chaque extrémité des porte-à-faux considérables; les animaux se portant à une extrémité déterminent le soulèvement de l'essieu opposé.

Avec un matériel à bogie permettant de ramener le centre de gravité près du rail, la stabilité peut être supérieure sur une voie de 0,60 *m* à

celle obtenue sur une voie de 1 *m* avec le matériel ordinaire à essieux parallèles.

M. Grille se résume en disant que si une ligne est nécessaire, si elle doit avoir une plate-forme indépendante, si elle doit coûter 100 000 *f* le kilomètre, mieux vaut la rattacher en voie normale à l'une des grandes Compagnies; si au contraire, il s'agit d'un affluent, d'un omnibus ou d'un camion à vapeur, il ne faut pas s'arrêter dans la voie des économies ni adopter de solution bâtarde jouant au grand chemin de fer, coûtant très cher pour faire des recettes dérisoires.

M. P. Regnard demande à exprimer une opinion diamétralement opposée à celle qui vient d'être émise. Bien loin de croire qu'on eût mieux fait d'établir à voie normale bon nombre de lignes créées à la voie de 1 *m* depuis peu d'années, M. Regnard est d'avis qu'on aurait dû, au contraire, établir à la voie de 1 *m* quantité des lignes coûteuses du deuxième et du troisième réseau qui ont été faites à la voie normale; l'économie qui en serait résultée est considérable, et eût certainement permis d'achever bien plus rapidement notre réseau secondaire. Cette opinion a maintes fois été soutenue et accueillie avec faveur depuis plus de vingt ans à la Société des Ingénieurs civils.

M. Regnard rappelle qu'il existe en France un chemin de fer à voie de 1 *m*, construit par MM. Molinos et Pronnier dans le département de l'Aisne, chemin de fer qui admet sur une longueur de 200 *m* une pente de 0,076 *m* par mètre; ce chemin de fer comportait également à l'origine beaucoup de courbes de 50 *m*, plusieurs de 30 *m* et une de 25 *m*. Lorsqu'on a pu augmenter les rayons, on l'a fait; mais, dès 1868, sans matériel spécial, sans bogie, on franchissait ces courbes et ces rampes.

M. P. Joussellin demande la permission d'ajouter quelques mots à l'intéressante communication de M. Coste.

Les chemins de fer à voie étroite, soit de 1 *m*, soit de 0,60 *m*, représentent, malgré les critiques que vous venez d'entendre, une solution heureuse de la construction et de l'exploitation de nos voies ferrées.

Ceux d'entre vous qui ont été appelés, comme moi-même, à étudier certains chemins de fer à voie étroite, ont été frappés certainement des économies réalisées dans l'établissement des lignes elles-mêmes, de la simplicité de leur matériel roulant et des solutions pratiques appliquées chaque jour dans leurs moyens d'exploitation.

A ce point de vue, si l'on considère qu'il reste encore, pour compléter le réseau français, plus de 3 000 *km* à établir, l'adoption des chemins de fer à voie étroite s'imposerait d'elle-même.

Notre réseau se compose actuellement de 36 000 *km* exploités (chemins de fer d'intérêt général ou chemins de fer d'intérêt local).

Sur ce développement considérable de chemins de fer, environ 2 400 *km* sont à voie étroite de 1 *m*.

Si l'on rappelle que près de 11 milliards ont été dépensés pour l'établissement du réseau français, dont la recette annuelle totale peut être évaluée à 1 300 millions de francs se partageant en 680 millions de dépenses annuelles et 620 millions de produits nets, on ne peut s'empêcher de souhaiter que, dans l'avenir, des solutions plus économiques

soient adoptées pour compléter notre réseau de voies ferrées, qui constitue certainement l'élément le plus important de notre richesse nationale.

Les chemins de fer à voie étroite représentent vraisemblablement à ce point de vue une solution des plus rationnelles et, à cet égard, la communication si remarquable de M. Coste est de toute actualité.

M. Jousselin rappelle que, présentement, la construction et l'exploitation des chemins de fer à voie étroite est presque exclusivement, en France, entre les mains des Ingénieurs civils.

Après notre éminent collègue Level, qui a été certainement le promoteur et l'ardent apôtre de la voie étroite, des Sociétés importantes se sont formées pour l'établissement de ces chemins de fer si utiles au pays : Société des chemins de fer économiques, Compagnie des chemins de fer départementaux, Compagnie des chemins de fer du Sud de la France, etc., etc., Sociétés presque exclusivement dirigées par des Ingénieurs civils.

M. Jousselin se permet de rappeler qu'en 1836, à une séance mémorable de la Chambre des députés, alors qu'un homme d'Etat, déjà illustre, déclarait n'avoir aucune confiance dans l'avenir des chemins de fer qu'il traitait d'utopie, des milliers de voyageurs étaient transportés journellement en Angleterre sur le chemin de fer de Liverpool à Manchester.

Sans tenir compte de ces décourageantes perspectives, plusieurs Ingénieurs civils qui, presque tous, sont devenus les fondateurs de notre Société, s'attelaient à cette époque avec ardeur à la création de nos premières voies ferrées.

C'est ainsi que les Seguin, les Flachat, Pereire, Perdonnet, Polonceau, Pétiet et tant d'autres ont été en France les premiers promoteurs de ces moyens de transport, qui devenaient les instruments de la fortune du pays.

Ce sont donc les Ingénieurs civils qui ont été en France les créateurs de l'industrie des chemins de fer.

Depuis lors, les lois qui, à partir de 1842, ont décrété la participation de l'État à l'établissement de nos voies ferrées, soit comme dépenses de construction, soit comme subvention kilométrique, soit comme garantie d'intérêt, ont provoqué l'introduction des Ingénieurs des ponts et chaussées et des mines dans la direction de nos grandes Compagnies de chemins de fer, où ils jouent aujourd'hui un rôle prépondérant.

Mais il n'en résulte pas moins de ce que j'ai eu l'honneur de vous rappeler que si les premiers chemins de fer ont été créés en France par les Ingénieurs civils, c'est aux Ingénieurs civils que l'on devra l'exécution des lignes à voie étroite qui compléteront, dans des conditions économiques, le réseau de nos voies ferrées.

Il y a là un rôle dont notre Société, qui est la représentation directe des Ingénieurs civils en France, doit être fière à bon droit et c'est pour cela que je me suis permis d'ajouter ces quelques observations au Mémoire de mon collègue et ami M. Coste.

M. Roy dit qu'il n'est pas partisan de la voie de 0,60 *m*. Sur les voies

de communication industrielle, il faut que le rail puisse supporter le poids de lourds chariots, et ce n'est pas avec un rail de 7 à 8 *kg* qu'on pourra le faire.

Le rail pour cela doit être aussi lourd que pour la voie de 1 *m*. De plus, avec la voie de 0,60 *m* sous le poids des chariots, les rails subiront des dénivellations qui supprimeront la stabilité du matériel roulant.

En ce qui concerne les courbes, M. Roy dit que, comme avec la voie de 1,50 *m* on peut passer dans des courbes de 40 *m*, on pourra le faire *a fortiori* avec la voie de 1 *m*.

Les courbes de 20 *m* ne seront jamais que des exceptions très rares.

On prétend que pour les chemins de fer à voie étroite le matériel à bogies est nécessaire. Mais sur le chemin de fer de Saint-Georges-de-Commiers à la Mure, il y a des machines de 10 *t* à trois essieux passant dans des courbes de 10 *m*, en remorquant des trains de 14 voitures pesant 85 à 90 *t* de matériel vide (ce qui est plus que le même poids en matériel chargé) ; par conséquent, la voie de 1 *m* peut se prêter à toutes les courbures nécessaires à l'établissement économique d'une voie ferrée et la voie de 0,60 *m* n'a aucune raison de se prévaloir de la petitesse de ses rayons par rapport à la voie de 1 *m*.

M. A. Moreau fait remarquer que M. Bouquet de la Grye devant parler, il ne veut pas retarder la discussion de sa communication. Mais M. Grille a dit des choses tellement étonnantes qu'on ne peut les laisser passer sans réponse. Aussi M. Moreau demande que cette discussion soit reprise dans une autre séance.

M. le Président remercie M. Coste de sa communication.

M. le Président dit qu'en France les chemins de fer à voie étroite prenant un grand développement, la question de la largeur de voie à leur donner est très importante, mais qu'on ne peut émettre à cet égard de principe absolu, car il y a des circonstances locales dont il faut tenir compte. Il y a lieu de remettre à une prochaine séance la suite de cette discussion.

La suite de l'ordre du jour appelant la discussion de la communication de M. Bouquet de la Grye sur *Paris port de mer*, M. le Président donne la parole à M. Badois.

M. E. Badois développera le programme qu'il a indiqué dans la séance du 26 juin dernier, mais il bornera ses observations critiques à quelques points qui doivent intéresser plus spécialement notre Société d'Ingénieurs, sans vouloir reproduire toutes les objections qui ont été faites ou qu'on peut faire contre le projet en discussion.

Il signale, sans y insister, la tendance en quelques points de la France d'avancer les ports vers la mer, au détriment même de ceux existants plus avant dans les terres, et cite pour exemple les ports créés ou projetés de Saint-Nazaire, la Pallice et Pauillac.

Dans la première partie de son travail, qui sera imprimée dans le Bulletin, M. Badois examine les dangers qu'il prévoit par suite des modifications apportées par le projet au régime hydrologique et hydrographique de la Seine.

Pour étudier ces modifications et leurs conséquences, il a établi une feuille de profils comparatifs qu'il fait distribuer, où sont superposés en trois couleurs, sur le profil en long de la Seine, l'état ancien de la rivière, l'état actuel après les travaux d'approfondissement à 3,20 *m* et les biefs projetés pour le canal maritime.

Ces profils font voir que le nouveau projet abaisse les plans d'eau de 2 *m* à 5 *m* sur près de 60 *km* et creuse le fond du lit jusqu'à 8 *m* et 9 *m* (à Méricourt) au-dessous de son altitude actuelle, en écrêtant dans ces parties la formation de la craie du sous-sol.

En rapprochant ces faits de la constitution géologique de la région, M. Badois cherche à faire la démonstration que toute cette contrée normande serait asséchée au grand préjudice de son agriculture, de ses magnifiques prairies et de son industrie.

Cet assèchement aurait pour cause la rupture de l'équilibre séculaire qui s'est établi entre le régime pluvial et le régime d'écoulement des eaux de pluie, soit à la surface du sol, soit par infiltration dans les couches perméables, soit par les sources qui, en résumé, amènent les eaux au fleuve après un parcours plus ou moins lent, superficiel ou souterrain.

L'abaissement des plans d'eau et les dragages profonds diminueront la résistance que les eaux souterraines éprouvent aujourd'hui à émerger dans le thalweg. Ces eaux s'écouleront plus vite, ne seront plus retenues dans le sol au même niveau ni en même quantité, et cet effet devant être permanent, il se produira un drainage des terres, constant et progressif, capable de détruire à la longue toute culture et toute industrie et nuisible tout d'abord à l'alimentation en eau potable et ménagère des habitants de cette contrée fertile qui deviendrait aride.

Les changements apportés au régime hydrographique sont ensuite examinés : les profils comparatifs font ressortir des différences très grandes entre le soin apporté par les Ingénieurs dans tous les travaux exécutés jusqu'à présent pour conserver la pente générale et la forme du lit de la Seine, et le bouleversement de ce lit par le projet du canal maritime. Ce serait le système des étages succédant à celui des pentes adoucies.

M. Badois en recherche les conséquences pour l'allure nouvelle des courants dans deux cas extrêmes, celui d'une grande crue d'inondation et celui de l'abaissement de tous les barrages en temps d'étiage par suite de gelées intenses ou d'accident.

Dans le premier cas, il peut admettre avec M. Bouquet de la Grye que la hauteur de l'inondation sera moindre entre Poses et Poissy que celle de 1876, à cause de la nouvelle issue de la coupure d'Oissel; mais il pense que cette moindre hauteur ne pouvant exister que par suite d'un accroissement de la vitesse de régime, il se créera des courants plus violents et plus redoutables pour les rives et les ouvrages d'art; que de plus le niveau de la crue n'atteignant plus le sommet des berges sur un assez long parcours entre la Garenne et Poses, et les eaux par conséquent ne s'épanchant plus en partie par-dessus les berges, le volume de la crue à Oissel sera plus grand qu'en 1876; qu'en fait, le niveau s'élèvera là en même temps que s'accroîtra la vitesse et que, dans la

boucle de Rouen et en particulier pour le faubourg de Saint-Sever, les effets du fléau deviendront plus désastreux qu'ils n'ont jamais été.

Dans le second cas, on remarquera à la suite de chaque barrage une véritable cascade qui aura, par exemple, 2,50 *m* de chute à Méricourt, puis un abaissement du niveau qui, en bien des points, ne laissera plus que 1,50 *m* de hauteur d'eau et même moins à des navires calant plus de 5 *m*. Et l'on peut se demander quelle figure feront alors le chenal et les ports du canal maritime, y compris celui de Paris-Clichy, sous l'effet d'un affaissement subit du plan d'eau de 3 *m* et des courants qui se produiront alors.

La seconde partie de la communication est consacrée à l'examen de la question : *le canal maritime est-il utile?*

M. Badois répond négativement et sa conviction résulte de la discussion des trois propositions qui suivent :

1° L'entreprise ne produira pas le résultat principal que ses promoteurs en attendent, qui est de ramener vers la France une partie du trafic du port d'Anvers. Cela ressort de la comparaison des prix de transport intérieur de Strasbourg à Anvers, moins élevés que ceux de Strasbourg à Paris, soit par la voie ferrée, soit par la voie des canaux à cause des moindres distances et aussi parce que les canaux allant sur Anvers sont mieux aménagés et ont un moins grand nombre d'écluses.

Cela résulte également de l'impossibilité d'obtenir pour le port de Paris un fret maritime à meilleur marché qu'à Anvers à cause des conditions infiniment moins favorables de la situation de Paris par rapport à la mer, distance 340 *km*, altitude 27 *m* au-dessus du niveau, fleuve sinueux et resserré,. n'admettant que des navires de moins de 6,50 *m* de tirant d'eau, alors qu'Anvers est à environ 80 *km* de la mer et à peu près au même niveau, sur un fleuve large et profond admettant les plus forts navires ; ce port peut recevoir les steamers transatlantiques à services réguliers, faire la réexpédition maritime des laines, grains et cotons sur les ports du nord de l'Europe, ce que ne pourrait évidemment pas faire le port de Paris.

Donc les marchandises d'exportation ne viendront pas à Paris de préférence par le seul fait de la création d'un port maritime dans la capitale, puisqu'elles subiront un transport intérieur plus coûteux et trouveront à Paris un fret maritime plus élevé.

2° Les navires de mer, les longs courriers au moins et les grands caboteurs, n'auront pas intérêt à faire usage du canal maritime pour remonter à Paris au lieu de rester à Rouen, l'armateur ayant intérêt à utiliser son navire, qui représente un gros capital et de grands frais journaliers, pour la navigation maritime exclusivement et redoutant, comme le capitaine marin, les pertes de temps et les parcours présentant des obstacles et des chances d'avaries.

Ce serait certainement le cas du voyage sur le canal de la Seine, dans un chenal restreint, sinueux, offrant quatre écluses et trente ponts à franchir, des berges élevées, etc.

Ces navires s'aventureront d'autant moins au delà de Rouen qu'ils auront à acquitter un droit de 3,25 *f* par tonneau pour entrer dans le

canal maritime et encore 3,25 *f* pour en sortir, alors que pour justifier les prévisions de la Société de Paris port de mer, le fret pour Paris ne saurait être de beaucoup plus élevé que celui pour Rouen.

3° La Seine actuelle peut rendre, dès à présent et sans nouvelles dépenses, les services demandés au canal maritime projeté.

Les navires du petit cabotage, qui calent en général moins de 3 *m*, peuvent s'en servir, s'ils y ont intérêt, et remonter non seulement jusque dans le cœur de Paris, mais encore aux Docks de la Villette, par suite de l'achèvement prochain des travaux d'approfondissement à 3,20 *m* du canal Saint-Denis, et cela sans aucun droit ni redevance. Les marchandises apportées à Rouen par navires d'un plus fort tonnage y trouveront des chalands de 800 à 1 000 *t*, qui les transporteront à Paris moyennant un prix de 5 *f* à 5,50 *f* par tonne remontée et descendue, c'est-à-dire pour une somme moindre que les seuls droits qui seraient perçus par la Société du Canal, qui sont de 6,50 *f* par tonneau de jauge pour aller et retour.

La Société prétend, il est vrai, que ce droit de 6,50 *f* par tonneau de jauge ne représente que 5 *f* environ par tonne portée; mais, au contraire, suivant les calculs de personnes très compétentes, qui apprécient à leur valeur réelle les rapports du tonnage lourd et du tonnage en jauge, et ceux des tonnages d'entrée et de sortie, d'après les statistiques relevées pendant plusieurs décades d'années consécutives, le droit de 6,50 *f* par tonneau de jauge représenterait au moins 8,50 *f* par tonne portée.

L'avantage d'économie de transport de Rouen à Paris restera donc à la batellerie, malgré le transbordement qu'il faudrait toujours faire à Clichy, sinon à Rouen, pour diviser la cargaison du long courrier selon ses différentes destinations.

M. Badois, avant de conclure, relève l'argument de la Société Paris port de mer, affirmant qu'elle ne réclame rien à l'État, ni subvention, ni garantie d'intérêt. Et il demande si la cession de la Seine tout entière entre Rouen et Paris pendant cent ans ne représente pas une belle subvention? Car elle a une valeur énorme, d'abord comme surface du sol, en second lieu comme travaux d'appropriation déjà effectués, qui s'élèvent à près de 100 millions de francs; en troisième lieu, comme outillage industriel permettant la circulation de plusieurs millions de tonnes de marchandises chaque année et faisant vivre une nombreuse population.

Il demande aussi s'il faut compter pour rien l'abandon de la propriété des îles et des terrains remblayés, et tous les droits de quai que l'Etat céderait pour un siècle à la Société?

Enfin, il fait ressortir que la Seine, par sa corrélation intime comme fleuve avec l'agriculture et l'industrie de toute une province, constitue un domaine d'État et, par conséquent, une propriété inaliénable et imprescriptible qui ne saurait être soumise à la loi d'expropriation de 1841 en faveur d'une Compagnie, pas plus que la route nationale de Paris à Rouen ne saurait être expropriée en entier au profit d'une Compagnie de chemins de fer.

Si des aménagements nouveaux doivent être faits sur la Seine en vue

d'une utilité publique bien prouvée et bien évidente, ils devraient être faits non pas par une Compagnie, si honorable soit-elle, mais par l'État lui-même, qui serait seul en situation d'en conserver la pleine responsabilité et de donner toute garantie aux intérêts publics ou privés qui pourraient se trouver lésés.

M. Badois, comme conclusion, indique, qu'à son avis, pour donner à Paris une plus grande importance commerciale et maritime, il faudrait d'abord tirer tout le parti possible de ce qui existe déjà : conserver la Seine actuelle, mais y développer le commerce et les transports par la création de vastes docks et entrepôts à Paris, à Rouen et même au Havre, correspondant entre eux par une marine spéciale bien étudiée, en vue de l'économie du transport et de la manutention des marchandises ; obtenir des pouvoirs publics la réalisation très prompte des projets pour les ports du Havre et de Rouen, et pour l'amélioration des canaux venant de l'Est.

Il voudrait aussi voir doter Paris d'une seconde grande voie navigable vers le Nord, mettant la capitale en communication plus directe avec les ports de Boulogne et de Dunkerque et lui amenant, à meilleur compte, les produits de cette région, surtout les houilles françaises qui ne craindraient plus alors la concurrence des charbons anglais. Et il estime que ce programme atteindrait par une voie plus pratique, plus utile et plus sûre et sans rien détruire, le but visé par la Société de Paris port de mer.

Réponse de M. Bouquet de la Grye à la communication de M. Badois :

Messieurs,

Vous venez d'entendre la longue exposition des critiques faites au projet de Paris port de mer, que j'ai exposé récemment devant vous.

Je dois remercier M. Badois du soin avec lequel il l'a étudié et des compliments qu'il a bien voulu m'adresser au sujet de travaux antérieurs, et je considère comme avantageux qu'il ait réuni dans les pages qu'il vient de nous lire toutes les observations qui pourraient être présentées au sujet de cette œuvre. En lui répondant, j'aurai, je crois, répondu à tous ; la discussion en sera abrégée.

1° Mon honorable contradicteur a prononcé, en commençant, le nom de Panama ; c'est une expression qui, à mon sens, aurait dû être laissée de côté : elle ne peut s'appliquer à un projet ayant pour but l'exécution de travaux faits sous les yeux des Parisiens et à une Société d'études ayant pour président l'amiral Thomasset. Panama a sombré non seulement par la faute des Ingénieurs chargés de diriger ou de contrôler les travaux, mais par suite de déplorables agissements. Il n'y a rien là qui ait le moindre rapport avec ce que nous préparons.

2° M. Badois a parlé de la condamnation de mon projet qui aurait été faite par les Ingénieurs du service de la Seine et, sur leur proposition, par le Conseil général des Ponts et Chaussées ; mais cette condamnation n'est pas absolue, comme il le croit. Il était tout naturel que les Ingénieurs de la Seine repoussassent un projet qui entraînait la démolition d'ouvrages qu'ils venaient de construire et sur lesquels ils comptaient asseoir leur réputation.

En la matière, ils etaient juges et parties; leur avis ne peut être accepté qu'*ad referendum;* ils n'ont point, du reste, déclaré qu'au point de vue technique le projet en question était inexécutable, et le Conseil général a émis l'opinion que, construit par l'État, « il pourrait sans doute être favorable au commerce ». Les difficultés d'exécution signalées ne dépassaient pas d'ailleurs, suivant eux, celles que les Ingénieurs savent surmonter dans les travaux similaires. Il y a loin de cette approbation technique à la condamnation indiquée par M. Badois. Du reste, une telle condamnation eût été en contradiction absolue avec tout ce qui a été dit dans les rapports des Ingénieurs depuis soixante ans.

Je lisais ce matin même, dans un livre dû à un Inspecteur général des plus distingués, M. Frimot, la phrase suivante : « Construire divers » barrages dans la Seine pour exhausser son niveau, draguer les hauts » fonds, ainsi que cela se fait dans beaucoup de rivières en France, sont » des travaux que nous proposons d'exécuter pour obtenir un mouillage » de 5 à 6 *m* de Paris jusqu'à Rouen. » C'est l'idée de Frimot que nous voulons réaliser, et si, sur l'avis unanime des marins, nous plaçons quatre écluses au lieu des sept annoncées par Frimot, c'est que nos constructeurs savent aborder à l'heure actuelle des hauteurs de chute de 6 *m*, considérées en 1827 comme irréalisables.

3° M. Badois me reproche d'être en contradiction avec moi-même en proposant de construire un port intérieur à Paris, tandis qu'à la Rochelle je préconisais un port extérieur au lieu de chercher à rendre Rochefort accessible aux plus grands navires; que je délaissais les ports de Nantes et de Bordeaux pour ceux de Saint-Nazaire et de Pauillac.

Il y a dans cette allégation plusieurs erreurs. Le port de la Pallice a été choisi en raison de ses qualités nautiques exceptionnelles; il me semblait et il me paraît encore difficile d'ouvrir la Charente à la grande navigation, parce que la barre du fleuve se compose de vase presque liquide, à consistance superficielle *de chocolat,* dans laquelle les navires entrent d'un mètre. Il me semble bien difficile de maintenir un chenal dans une pareille matière.

En ce qui concerne les autres ports, j'ai été loin de vouloir condamner Bordeaux et Nantes et j'ai même fait les efforts les plus grands, lorsque j'étais appelé à donner mon avis sur l'avenir de ces villes, pour redresser les opinions courantes sur les remèdes à apporter pour leur rendre leur prospérité.

Je suis donc et j'ai toujours été de l'avis que les canaux et les rivières doivent pouvoir être aménagés et cela aussi loin que cela est possible pour la navigation maritime, opinion soutenue d'ailleurs à l'étranger par les délégués du Ministère des travaux publics et qu'ils abandonnent lorsqu'il s'agit de modifier en France une malheureuse conception d'un canal de 3 *m* de profondeur.

4° M. Badois a pris la peine de faire graver un profil de la Seine et des plans d'eau des divers biefs actuels ou projetés, et il nous déclare qu'en ce qui concerne notre projet il a indiqué les lignes d'eau par des traits tracés horizontalement à partir de la cote donnée à l'écluse d'aval.

Il m'est impossible d'accepter cette manière de faire comme base de discussion des hauteurs comparatives des plans d'eau.

La Seine dont le débit en aval est de 150 m^3 par seconde ne peut etre assimilée à un canal alimenté par une rigole. Une pente existera toujours sur le fleuve canalisé; nous l'avons calculée sur toute la longueur comprise entre Poissy et Rouen, en tenant compte des sinuosités du fleuve et des obstacles qu'il rencontre, et nous avons trouvé même en temps d'étiage une somme de différences qui ne peut être négligée.

5° M. Badois a entamé ensuite une longue discussion et critiqué un projet conçu il y a treize ans lorsque nous étions encore tout pénétrés des sentiments des marins à l'égard des écluses, et qui devant être exécuté par l'Etat, a été abandonné en raison de son coût lorsqu'il s'est agi de faire une œuvre commerciale, soldant ses dépenses avec ses recettes.

Ce projet n'est nullement à l'ordre du jour et je perdrais mon temps à le défendre.

6° M. Badois rattache cet ancien projet à celui présenté plus tard, en disant qu'ils ont une liaison intime, et que l'abaissement projeté du plan d'eau des biefs ne laissera pas d'assécher la Normandie, que les prés disparaitront, que le désert se fera là où se trouve la verdure et que les agriculteurs verront trop tard les désastres qui suivront un modification du régime de la rivière.

C'est pousser au noir des conclusions qui ne s'appuient sur rien. Entre l'état antérieur du fleuve et celui que nous projetons, il n'y aura abaissement du plan d'eau en temps normal que sur 35 *km*, sur une longueur totale de 200 *km*. Cet abaissement se montrera dans les deux premiers kilomètres en aval de l'écluse de Poissy et en temps normal il sera insensible. Il en existera un autre en aval de l'écluse de Méricourt qui commencera par une différence de hauteur de 3 *m* pour s'évanouir en aval de Vernon.

Cet abaissement qui se produisant à Paris attirerait à peine l'attention des passants, le fleuve y subissant des oscillations alternatives qui atteignent 6 *m*, est-il de nature à nuire je ne parle pas aux produits des terres situées à quelques kilomètres de la Seine, ceci il est inutile de le réfuter, mais même aux intérêts immédiats des riverains? J'affirme avec eux le contraire.

Ils considèrent les plans d'eau actuels, ceux adoptés par les Ingénieurs comme nuisibles; ils se plaignent de ne pouvoir cultiver les îles du fleuve comme jadis, d'être plus inondés qu'autrefois; un abaissement du plan d'eau même exagéré ne leur causera aucun dommage, leurs terrains étant très humides. On a essayé de soulever les riverains contre le projet en leur parlant des dangers de cet abaissement du niveau de la Seine, soixante maires ont envoyé à Versailles une protestation contre l'opinion qu'on leur attribuait d'avoir émis des vœux favorables sans connaissance de cause.

M. Badois déclare que nous assécherons la Normandie, mais cette hypothèse est en contradiction avec ce qu'il dit en même temps de la perméabilité du sol; l'humidité si favorable aux cultures normandes tient à ce que la région jouit comme la Bretagne d'un climat marin avec en plus un sol fertile, et l'abaissement du plan d'eau du fleuve, sur une longueur de quelques kilomètres, ne peut avoir plus d'influence sur le

régime météorologique de la région, que n'en a eu le comblement de quelques faux bras fait par le service de la navigation.

7° En aval, dit encore M. Badois, toute la vallée de l'Eure verra les eaux de la rivière abaissées de 2 *m* par suite de la suppression de l'écluse de Martot.

Mais là aussi les riverains se plaignent d'être trop souvent inondés, et d'ailleurs, l'honorable préopinant, qui demande qu'on ne touche que le moins possible à la rivière, sera satisfait de voir que nous rétablissons un état ancien en supprimant cette écluse et en restituant au régime des marées **15** *km* du lit du fleuve.

8° M. Badois insiste beaucoup sur cette conservation du profil du lit du fleuve, sur ce thalweg respecté dans ses moindres sinuosités par les Ingénieurs de la navigation et par suite, sans doute, sur les neuf écluses mises entre Paris et Rouen. Mais il oublie de dire qu'en agissant ainsi, le service de la navigation se préoccupait uniquement de la batellerie qui, parait-il, n'est pas pressée, et non des navires qui réclament, eux, de longs biefs et peu d'écluses. Les chutes de 6 *m* ont été longtemps interdites, d'ailleurs, comme dangereuses, et en ce qui regarde les inconvénients signalés par M. Badois sur cette hauteur, il suffit de lui indiquer que le conseil général des Ponts et Chaussées a autorisé récemment une écluse de **10** *m* de hauteur, non loin de Paris.

9° Arrivons à la question des crues et des courants; je pensais que, sur ce point au moins, j'aurais l'approbation de l'honorable préopinant.

J'augmentais partout, en effet, la section d'écoulement du fleuve en temps de crue ; en établissant un double émissaire dans la partie inférieure du fleuve, je favorisais l'évacuation des eaux, toutes choses qui, appliquées à la crue de 1876, en abaissant en aval le niveau de 1,51 *m* et en amont de **2,34** *m*, auraient soustrait à l'envahissement des eaux plus de 20 km^2 de terrains cultivés.

M. Badois trouve, à l'encontre de ce que m'ont donné les calculs, que le dommage sera plus grand et les courants plus énergiques.

De mon côté, j'affirme avec l'assentiment des riverains qu'ils auront tout à gagner avec le nouveau projet et aussi que les crues qui, à l'heure actuelle, interdisent le service de la batellerie, n'empêcheront pas la montée des navires jusqu'au port de Clichy-Paris.

M. Badois admet qu'on abaisse à un moment donné tous les barrages, soit par suite d'un accident ou pour prévenir un embâcle de glaces, et il demande ce qu'en pareil cas deviendront les navires ?

Ils deviendront ce que deviennent en pareil cas les chalands, ils s'amarreront le long des warfs, ou s'il arrive par accident un abaissement anormal d'eau, ils se béquilleront au milieu ou sur les bords du chenal.

A l'encontre de ce qui se passerait à l'heure actuelle, la hauteur de l'eau diminuerait du reste lentement, par suite de la longueur des biefs. L'honorable préopinant dit qu'en pareil cas les chalands flotteraient. Comment pourraient-ils le faire, puisqu'en nombre de points la profondeur des biefs dépasse peu celle réglementaire de 3,20 *m* ?

Ajoutons qu'en doublant la profondeur du chenal, on empêchera

la glace de se former facilement et que le mouvemont des navires fera conserver libre le chenal.

Reste la question des ponts que l'on doit transformer en ponts mobiles, M. Badois parlant surtout de ceux de Rouen dit que l'on ne peut couper cette ville en deux, qu'elle ne peut supporter une telle entrave à des communications séculaires.

La réponse est très simple : d'une part les habitants de Rouen ne peuvent se plaindre d'une situation qui est parfaitement supportée dans nombre de villes et en particulier à Paris, le pont mobile de la rue de Crimée ayant la même circulation que ceux de Rouen.

En second lieu, les Rouennais oublient absolument que l'ordonnance de 1681 est toujours en vigueur et qu'elle porte : 1° qu'il est défendu de bâtir aucun ouvrage qui puisse porter préjudice à la navigation ; 2° que des autorisations données pour ces constructions sont toujours révocables.

Or la marée s'étendant bien au delà des ponts de Rouen, lorsque ces ponts seront considérés comme un obstacle à la navigation ils devront être transformés.

10° Dans une deuxième partie de son exposé, M. Badois met en doute l'exactitude des calculs qui ont été faits pour montrer que Paris devenu port de mer peut lutter sur le marché de Strasbourg contre Anvers et qu'il a en ce sens une supériorité sur ceux du Havre et de Rouen. Il déclare qu'en présence des avantages du port d'Anvers, de la profondeur de ses eaux, de la grandeur de ses bassins et de son voisinage de la mer, il est inutile de lutter et que toute concurrence aboutirait à un échec.

Cet éloge d'Anvers et de ses avantages a lieu de surprendre lorsqu'il est suivi d'une telle conclusion et j'estime au contraire que nous devons faire tout le possible pour reprendre au port belge tout le trafic qu'il nous a enlevé. J'ai recommencé d'ailleurs avec les données actuelles qui ne sont plus les mêmes que celles d'il y a treize ans, les calculs relatifs aux possibilités commerciales des ports ci-dessus indiqués en y ajoutant celui de Dunkerque, qui entre actuellement en scène avec un fort tonnage et j'ai reconnu qu'en appliquant au port de Paris la taxe maximum de 3,25 *f* demandée par la Société, il y aurait en faveur de Paris sur le marché de Strasbourg un avantage plus grand encore que je l'avais trouvé autrefois. Nous publierons prochainement ces résultats.

11° M. Badois déclare que le commerce d'exportation de Paris sera toujours faible. Ce n'est pas l'opinion des spécialistes ni celle des Belges qui déclarent que le plus grand adversaire de leur commerce serait le port de Paris, s'il était réalisé. D'ailleurs M. Badois a contre l'opinion qu'il exprime l'avis des Chambres de commerce de Dunkerque, Calais, Boulogne, Dieppe, le Havre, sans compter Nantes et Bordeaux, toutes disent que Paris leur prendra leur fret. Pourrait-il alors y avoir manque de fret de sortie sans compter celui que Rouen ne veut céder à aucun prix et les nombreux colis qui se dirigent de beaucoup de manufactures de l'est de la France sur Anvers et que nous voulons faire converger sur Paris ?

En réalité, Paris aura un fret de sortie très important emprunté non

seulement à ses manufactures et aux produits de son sous-sol, mais provenant des départements de l'Est et du Centre (1).

Il est singulier d'ailleurs de constater que tantôt on accuse Paris de vouloir tout accaparer ; puis, lorsqu'il s'agit de constater les bénéfices de l'exploitation, de dire non moins nettement qu'il y aura peu ou pas de trafic.

12° M. Badois estime une fois encore que les navires ne doivent pas entrer dans les canaux, que le port de Rouen suffit à l'exploitation de la vallée de la Seine ; mais alors pourquoi vanter le canal de Manchester, exécuté dans des conditions bien plus difficiles que celui que nous proposons, parler des difficultés du passage de 27 ponts sur la Seine, en déclarant que tous ceux du canal anglais sont surélevés, et en oubliant précisément de citer cet ouvrage qui est — je crois — unique au monde, d'un pont canal jeté sur la voie maritime, qui va permettre aux navires de venir à Manchester, et qui s'ouvrira devant eux en se fermant ensuite pour le passage des chalands.

13° Nous arrivons à la partie la plus importante de notre projet, à ses bases mêmes, contestées par les Chambres de commerce opposantes, par les Ingénieurs de la navigation et à leur suite par M. Badois.

L'œuvre de Paris port de mer, nous l'avons déclaré, a été conçue à un point de vue patriotique, mais nous avons formellement déclaré qu'elle répondait à des besoins commerciaux et que les recettes suffiraient amplement à payer les dépenses.

Il faut donc démontrer tout d'abord que les armateurs auront un bénéfice plus grand à envoyer leurs navires à Paris qu'à Rouen, et que les commerçants jouiront dans le premier cas d'avantages équivalents.

La démonstration sera facile ; je n'aurai qu'à limiter le nombre de facteurs au strict nécessaire, ainsi que l'ont fait d'ailleurs les Ingénieurs de la Seine dans leur dernier rapport.

Voici comment ils exposent pour un navire type de 1 000 *t* de jauge les dépenses relatives à l'envoi à Paris de son chargement, estimé à 1 500 *tx* effectifs :

Droits et frais à Rouen.	600 *f*
Transbordement de 1 500 *t* à 0,75 *f*	1 125
Batellerie à la montée à 3,60 *f* la tonne . .	5 400
Batellerie à la descente sur 500 *t* à 2,60 *f* la tonne	1 300
Transbordement de 600 *t*	375
	8 800 *f*

Il faut remarquer que dans ce compte, fourni par les Ingénieurs de la navigation, le prix du transport par chalands de Rouen à Paris est trop faible, et que le prix de la descente est également au-dessous de ce qui se pratique tous les jours.

Les exemples portés à la connaissance de la Commission d'enquête de

(1) La Chambre de commerce de Limoges, en émettant un vœu favorable à la création du port de Paris, dit qu'il est déplorable de voir les porcelaines aller chercher des frets avantageux à Anvers, Londres ou Liverpool au détriment de notre marine marchande.

la Seine ne permettent pas d'accepter les chiffres des Ingénieurs comme des moyennes.

Inscrivons maintenant les dépenses provenant d'un transport direct à Paris :

Taxe maximum payée à la Société.	6 500 *f*
Montée et descente du navire à 600 *f* par jour. .	1 200
	7 700 *f*

Le premier chiffre est un maximum. Le second ne saurait être contesté, un navire ayant à franchir une distance de 185 ***km*** et à passer par quatre écluses. S'il met deux heures au maximum pour le passage de ces écluses, il aura encore vingt-deux heures pour faire le trajet, ce qui le conduirait à filer en moyenne 4 1/2 nœuds, vitesse presque au-dessous de celle que certaines machines peuvent donner et inférieure à celle des bateaux porteurs de la Seine.

Quant à la dépense évaluée à 600 *f* par jour, elle ressort de plusieurs estimations.

Il y aurait donc déjà un bénéfice réel pour l'armateur à faire venir son navire à Paris, même s'il ne devait, à la descente, qu'emporter le même chargement qu'en partant de Rouen. Mais ce résultat, nous l'avons démontré, n'arrivera pas.

Les navires à la descente, d'après notre estimation, emporteront un chargement de 1 000 *t*, c'est-à-dire les deux tiers du chargement à la montée, et, comme le fret de ces 500 *t* de supplément ne saurait être inférieur à 10 *f* le tonneau, il y a lieu d'ajouter à la différence de 1 100 *f* déjà signalée 5 000 *f*.

Cela n'est pas tout. La Chambre des Courtiers de Rouen a fait remarquer avec justesse que le fret pour Paris ne pouvait être le même que pour Rouen, et elle estime que la différence de prix sera de 2,33 *f*. On doit multiplier ce chiffre par 2 500, chiffre du chargement à l'entrée et à la sortie, et diminuer le produit, 5 825 *f*, de 1 200 *f*, coût des deux journées du navire, soit 4 625 *f*.

Le total du bénéfice de l'armateur pour un seul voyage serait donc de 10 725 *f*. Ce chiffre est tellement élevé qu'il fera forcément diminuer le prix du fret au profit du négociant.

Mais ce dernier aura en même temps comme avantages matériels :

1° La suppression de la commission payée au Havre ou à Rouen, et qui est basée sur la valeur de la marchandise ;

2° La suppression, dans la plupart des cas, du courtage, si le négociant ou le fabricant a une agence à Paris ;

3° La suppression de toute une série de dépenses accessoires, telles que visites, réparations, manutentions, gardiennage, dédouanement, etc., qui, d'après le rapport de la commission d'enquête de la Seine, varient entre 1,25 *f* et 3,25 *f* par tonneau de marchandises.

4° Enfin, les frais de déchets et d'avaries et, en certains cas, de magasinage.

Il est donc certain que les armateurs auront un grand intérêt à faire venir leurs navires à Paris et les négociants à se servir de ce mode d'envoi ou de réception de marchandises.

La preuve est donnée du reste par l'adhésion sans réserves des négociants parisiens au projet et par la passion que mettent ceux de Rouen à vouloir continuer à être leurs intermédiaires.

Quant au tonnage futur du port de Paris, il s'appuie sur une étude faite par un homme dont personne ne met en doute la capacité.

14° Arrivons à la dernière partie de la communication de M. Badois. Il demande s'il est possible de livrer à une Société une partie du domaine public présentant une valeur considérable, la jouissance de terrains exondés, des droits de quai et tout cela pendant près de cent années. La réponse sera courte : nous demandons non la possession exclusive de la Seine, mais l'autorisation de l'améliorer, ce à quoi les Ingénieurs se refusent. La batellerie continuera à ne pas payer de taxes, elle n'a donc aucune raison de se plaindre; les terrains exondés n'ont qu'une valeur insignifiante, relativement aux dépenses de construction du canal maritime; quant aux droits de quai abandonnés, ils proviendront en majeure partie de sommes encaissées aujourd'hui à Anvers; d'ailleurs, l'État bénéficiera, par contre, chaque année, des dépenses qu'il fait pour l'entretien de la Seine, qui représentent un gros chiffre, et de la plus-value donnée aux terrains qui avoisineront les ports et le canal.

M. Badois conseille de se détourner du rêve de Paris port de mer et signale une Société qui vient de se fonder pour utiliser la Seine telle qu'elle est en créant une flotte de navires ayant moins de 3 *m* de tirant d'eau (1).

Nous croyons qu'il y a encore là une erreur. On ne fait pas des navires sérieux avec ces calaisons et un port de mer avec ces bateaux exceptionnels. M. Badois dit aussi que l'on devrait s'occuper des canaux du Nord et de l'Est qui laissent à désirer. Ce sont là d'habiles diversions qui ont pour but de détourner l'esprit public d'une œuvre réclamée avec instance aux pouvoirs depuis soixante-dix ans.

J'ai la ferme confiance, à l'encontre des espérances de M. Badois, que le ministre des travaux publics puisera dans les résultats si favorables de l'enquête qu'il a ordonnée, un encouragement à présenter un projet de loi au parlement donnant au commerce parisien les moyens d'action si libéralement accordés à ceux de Rouen.

J'ai enfin le ferme espoir de voir réalisée une œuvre à laquelle, suivant une promesse faite à l'amiral Jauréguiberry, alors ministre de la marine, j'avais promis de me dévouer.

M. LE PRÉSIDENT fait remarquer que, vu l'heure tardive, il y a lieu de remettre à une prochaine séance la suite de la discussion et qu'alors M. Vauthier pourra, s'il le veut bien, développer ses observations.

M. L. VAUTHIER ne veut pas discuter en ce moment les comptes qui viennent d'être présentés, il se réserve de le faire à la prochaine séance, quand la parole lui sera donnée, et espère, en suivant pas à pas les chiffres de M. Bouquet de la Grye, démontrer qu'il se trompe absolu-

(1) Les Ingénieurs de la Seine prétendant qu'il faut 0,70 *m* d'eau sous la quille des navires pour naviguer en Seine, ces bateaux ne pourraient donc, suivant eux, qu'avoir un tirant d'eau de 2,50 *m*?

ment et qu'au lieu du bénéfice qu'il attend, c'est une perte considérable que donnerait, avec le péage, le transport par navire de mer. Mais, dans l'intérêt de la discussion, il tient à appeler tout de suite l'attention de l'auteur du projet sur un point considérable qui domine le débat à ce point de vue et sur lequel celui-ci aura le temps de s'éclairer d'ici là.

M. Bouquet de la Grye compte, pour Paris, par tonneau de jauge du navire transporteur, sur un poids en marchandises de 1 500 *kg* à la montée, de 1 000 *kg* à la descente; soit, pour les deux sens du mouvement, une moyenne de 1 250 *kg*. C'est là une pure illusion. La chose est matériellement possible, mais, en fait, ne se réalise jamais. D'après les documents statistiques se rapportant au trafic commercial des ports français, on ne peut tabler sur une moyenne dépassant 650 *kg*. Cet écart considérable est de nature à déjouer bien des combinaisons et fait, entre autres choses, que le péage, montée et descente, de 3,25 *f* par tonneau de jauge du navire, au lieu de représenter, comme pour M. Bouquet de la Grye, 2,60 *f* par tonne transportée, représente effectivement 5 *f*.

Les chiffres conduisant à cette conclusion, extraits de deux brochures de feu M. Depeaux, conseiller général de la Seine-Inférieure, que M. Vauthier communique à M. Bouquet de la Grye et dont il garantit la parfaite exactitude pour les avoir scrupuleusement vérifiés, ne sont pas des données en l'air. Ces chiffres sont puisés dans les tableaux statistiques de la Direction générale des Douanes, dont la haute valeur est bien connue. Ils ne se rapportent pas seulement aux ports de la Manche situés sur la Seine ou voisins de son embouchure, dont Paris attirerait le trafic. Ils embrassent, pour une période de trente années, de 1857 à 1886, l'ensemble des ports français. Pour cet ensemble, les poids moyens transportés par tonneau de jauge entrant et sortant sont ceux-ci :

Période décennale de 1857-1866.	622 *kg*
— 1867-1876.	637
— 1877-1886.	584
Moyenne des trente années.	614 *kg*

C'est notablement moins, comme on voit, de 650 *kg*, et le mouvement des chiffres est plutôt descendant qu'ascendant.

Dira-t-on que les grands ports ont des conditions meilleures? Voici les chiffres pour les douze ports français à plus fort trafic, depuis Marseille, dont le trafic va à 4 millions de tonnes, jusqu'à Caen, trafic 300 000 *t*.

Période décennale 1857-1866.	675 *kg*
— 1867-1876.	672
— 1877-1886.	607
Moyenne des trente années.	651 *kg*

Ici, en effet, les chiffres sont un peu plus favorables, mais le mouvement descendant est, en revanche, plus accentué.

M. Bouquet de la Grye, dans ses assimilations pour le trafic du port de Paris, se recommande des ports de Marseille et de Bordeaux, notamment du premier. Il s'appuie surtout pour agir ainsi sur ce que, pour

Marseille, le rapport de fret de sortie au fret d'entrée est plus élevé que pour la moyenne des autres ports. Le fait est exact; mais que prouve-t-il? Au point de vue du poids transporté, que la marchandise entre ou sorte, c'est l'ensemble qu'il faut voir, et Marseille est particulièrement instructif à cet égard. Voici, en effet, mis en regard, les rapports du fret de sortie au fret d'entrée et la moyenne des poids transportés par tonneau de jauge.

	RAPPORTS DU FRET DE SORTIE au fret d'entrée	POIDS MOYENS DE CHARGEMENT par tonneau
	—	—
Période décennale de 1857-1866	0.68	595 *kg*
— 1867-1876	0.54	632
— 1877-1886	0.51	521
Moyenne des trente années . . .	0.58	583 *kg*

De la première période à la seconde, le poids moyen de chargement s'élève tandis que le rapport de la sortie à l'entrée s'abaisse; et dans la troisième période les deux éléments fléchissent en même temps. Mais, dans chaque période, aussi bien que dans l'ensemble des trente années, au lieu des 1 250 *kg* promis, par assimilation, au port de Paris, on voit que Marseille reste bien au-dessous même des 650 *kg* que les calculs opposés à ceux de M. Bouquet de la Grye concèdent au port de Paris.

Il est évident que ces chiffres bouleversent complètement les combinaisons de l'auteur du projet. C'est pour cela qu'il est essentiel qu'il les vérifie avant la discussion à fond qui portera le 2 octobre, sur ce point, absolument décisif.

M. Bouquet de la Grye. — Je n'ai point pris pour base du trafic futur du port de Paris ce qui se passe en moyenne dans les ports de la Manche, de l'Océan et de la Méditerranée, parce que Paris n'a aucune analogie avec Port-Vendres, Nice, Caen ou Saint-Valéry.

Le commerce maritime de Paris ressemblera, tout d'abord au moins, à celui de Rouen, avec la seule différence qu'il y aura un avantage à Paris en ce qui concerne l'exportation.

Or à Rouen la moyenne du chargement des navires à l'entrée a le coefficient non pas de 1,50, chiffre que nous avons accepté, mais de 1,62 (1), c'est-à-dire qu'un navire type de 1 000 *t* porterait à l'entrée 1 620 *t* et non 500 ou 600 *t* comme le dit l'honorable M. Vauthier.

La statistique est une chose excellente, mais encore convient-il de lire les chiffres qu'elle renferme à la page qu'il convient.

M. Edmond Roy. — L'auteur du projet de Paris port de mer ayant déclaré que c'est surtout au point de vue des intérêts industriels et commerciaux qu'a été conçu son nouveau projet, c'est principalement à ce point de vue qu'il vient présenter ses observations et chercher à déterminer la mesure de son utilité ou de son inutilité, qui doit primer toutes les questions d'ordre technique.

(1) *Rapport des Ingénieurs de la navigation*, p. 42.

Il admet pour base du prix de transport de la tonne de marchandise par navire, donné par M. Bouquet de la Grye dans sa communication de 1882, 0.01 *f* par tonne et par mille marin, en faisant observer que la vitesse de marche d'un navire en pleine mer, dans un bassin de section indéfinie est au moins double de ce qu'elle sera dans un canal n'ayant que 35 *m* de largeur au plafond, d'où il résulte que la vitesse de marche du navire, en remontant la Seine entre Rouen et Paris, ne dépassera pas 1 *km* pour 1 852 *m* parcourus dans le même temps, en pleine mer, avec la même puissance de machine.

Le prix de 0,01 *f* par tonne peut donc s'appliquer au kilomètre parcouru en Seine, d'où il résulte que le prix simple de transport entre Rouen et Paris, au port de Clichy-Saint-Ouen, la distance étant réduite à 185 *km* seulement, par suite de la coupure des boucles d'Oissel-Tourville et de Sartrouville-Bezons, sera de 1,85 *f* par tonne et non pas 0,70/ comme le prétend M. Bouquet de la Grye.

Dans l'état actuel des choses, la batellerie ne s'arrête pas au futur port de Clichy-Saint-Ouen, elle pénètre dans l'intérieur de Paris, ses quais de débarquement et d'embarquement sont principalement situés à la Villette, à la Bastille et à Bercy ; la distance de ces quais à Rouen est de 245 *km*, et non pas 217 seulement que veut bien octroyer à la batellerie M. Bouquet de la Grye, ce qui embrouille la discussion et détourne l'attention de l'importante question de parcours du camionnage pour conduire la marchandise dans les magasins ; il admet que la batellerie fait les transports entre Rouen et Paris à raison de 0,01 1/4 *f* par tonne et par kilomètre.

M. Roy n'admet pas toutes ces concessions. Le prix moyen de transport de la tonne kilométrique en remonte et en descente est de 1 1,2 *c*.

Donc, le prix moyen de transport de la tonne de Rouen à Paris, rendue aux quais de la Villette, de la Bastille ou de Bercy est de :

$$245 \times 0{,}015 = 3{,}68\ f, \text{ soit } 3{,}70\ f.$$

En considérant la position du centre de gravité industriel et commercial de la ville de Paris, qui est placé sensiblement à la place de la République, on trouve que la distance des quais du port projeté, Clichy-Saint-Ouen, du Paris port de mer, est de 7 1/2 *km* et à 10 *km* de Bercy, et qu'en outre les camions auront à franchir dans ce parcours la butte des Batignolles, tandis que la distance des quais de la Villette et de la Bastille à ce centre de gravité est à peine de 2 *km*, avec l'immense avantage, pour les camions, de n'avoir qu'à descendre en partant de la Villette, ou de circuler en terrain plat en partant de la Bastille ; pour les entrepôts de vins de Bercy et du Jardin des Plantes, les quais sont en face de la porte des magasins, et le camionnage proprement dit y est nul.

Dans ces conditions, les frais de camionnage par tonne rendue à la porte des magasins ne pourront être inférieurs pour les marchandises des quais de Clichy-Saint-Ouen, à 3,50 *f* pour Paris et à 4 *f* pour Bercy, tandis que, des quais de la Villette ou de la Bastille, la moyenne des frais de camionnage ne dépasse pas 1,50 *f* la tonne pour l'intérieur de Paris et qu'ils sont nuls pour les vins; il compte néanmoins 0,50 *f* pour le roulement.

Il résulte de ces données, et sans parler, quant à présent, des droits de navigation et de pilotage que motiverait l'exécution du projet, que le prix de transport de la tonne de marchandise de Rouen à Paris, rendue aux magasins et entrepôts, ressort à :

	Paris port de mer.	État actuel des choses.
Pour le commerce général.	1,85+3,50=5,35 *f*	3,70+1,50=5,20 *f*
Pour les vins.	1,85+4,00=5,85 *f*	3,70+0,50=4,20 *f*

Ces résultats prouvent clairement l'inutilité de l'exécution du projet, en admettant que la circulation des navires entre Rouen et Paris ne fût grevée d'aucun droit de navigation et de pilotage, ainsi que cela a lieu aujourd'hui pour la batellerie.

Si on ajoute à ces prix, pour les navires seulement, les droits de navigation et de pilotage que percevrait la Société de Paris port de mer pour l'intérêt et l'amortissement de son capital, qui seraient de 3,25 *f* par tonne, et ajoutant 0,50 *f* au prix de transport de la batellerie pour frais de transbordement bord à bord à Rouen, on a pour prix de transport d'une tonne de marchandises de Rouen à Paris, rendue à la porte des magasins ou entrepôts :

	Avec le projet de Paris port de mer, par navire.	Avec l'état actuel des choses, par la batellerie.
Pour le commerce général.	5,35+3,25=8,60 *f*	5,20+0,50=5,70 *f*
Pour les vins.	5,85+3,25=9,10 *f*	4,20+0,50=4,70 *f*

Ces derniers résultats se passent de commentaires et démontrent clairement que, non seulement la création de Paris port de mer ne présenterait aucune utilité, mais que son exécution serait préjudiciable aux intérêts industriels et commerciaux de la ville de Paris.

M. Roy ajoute qu'il ne reprendra pas de nouveau la démonstration de l'inutilité de la création de Paris port de mer au point de vue de l'idée patriotique de donner à la France le transit des marchandises d'outremer en destination de l'Europe centrale, en concurrence du port d'Anvers ; cette démonstration, il l'a faite avec détails lors de la discussion du premier projet présenté par M. Bouquet de la Grye en 1882. Il ressort de cette démonstration, d'accord avec ce que vient de dire son collègue, M. Badois, que c'est en prenant Rouen pour port de mer et en améliorant notre canal de l'Est, que l'on pourrait viser à reprendre au port d'Anvers l'important tonnage qu'il a enlevé aux ports du Havre et de Rouen.

M. Bouquet de la Grye. — Je répondrai cette fois-ci d'autant plus brièvement que les calculs que vient d'exposer M. Roy sont basés non sur ce qui se passe à l'heure actuelle, mais sur des prix datant de 1878 et qui ne sont plus vrais.

A l'époque de mes premières études, le fret à la mer était de 1 *c* par mille parcouru.

Ce prix a baissé progressivement; il était en 1885, lors de la présentation de mon projet, de 1/2 *c* par mille marin, c'est-à-dire de la moitié

du chiffre antérieur, et cela grâce aux perfectionnements incessants des machines marines et à la diminution du combustible consommé par force de cheval.

A l'heure actuelle, ce prix est encore plus faible, et voici ceux du mois de juin dernier pour divers ports du monde, consentis à Anvers, Liverpool et le Havre. Je ne donne ici que les moyennes et je les rapporte au kilomètre qui est à peu près la moitié de mille marin (**1,852** *m*).

Frets moyens d'Anvers sur New-York, Nouvelle-Orléans, Bombay . . . . . 0,00093 *f*

Frets moyens de Liverpool pour Bombay, Singapour, Sydney, Melbourne, la Plata. . . . . 0,00113 *f*

Frets moyens du Havre pour New-York, Nouvelle-Orléans, Bombay. . . . . 0,00191 *f*

Les frets du Havre sont plus élevés, ce qui tient au commerce plus restreint de ce port; la comparaison devant être faite entre ports similaires, c'est avec celui de Liverpool ou celui d'Anvers que devra être comparé celui de Paris.

Si l'on met en présence ce chiffre de 0,1 *c* de la navigation maritime, de ceux de la batellerie **1,25** *c* et du chemin de fer **3** *c*, on comprendra facilement la nécessité des canaux maritimes de pénétration, et en particulier de celui ayant Paris comme aboutissant.

M. Edmond Roy conteste absolument les prix que vient de donner M. Bouquet de la Grye; la réduction de la consommation de charbon des machines marines actuelles par rapport à ce qu'elle était en **1882** n'a pu faire réduire le prix du fret de 90 0/0.

D'après ces prix, le fret de New-York en Europe serait, en moyenne, de 3,60 *f* la tonne : ce sont là des prix de fret de marchandises prises comme lest, telles que la houille. C'est même là une des causes de la prédominance de la marine anglaise sur toutes les autres pour le bon marché du fret; le lest lui rapporte quelque chose, tandis qu'en France, les navires sont obligés de payer pour se faire lester, et de payer encore à l'arrivée pour faire décharger leur lest, qui ne leur a rien rapporté; et ce n'est pas Paris port de mer qui leur fournira de la houille à aussi bon compte que celle prise dans les ports anglais.

Les prix que vient de donner M. Bouquet de la Grye sont donc erronés et ne font qu'apporter la confusion dans l'examen d'une aussi grave question.

M. le Président dit que la fin de la discussion est remise à une séance ultérieure dont la date sera indiquée au procès-verbal.

La séance est levée à onze heures et demie.

MÉMOIRE

SUR DES

MÉTHODES NOUVELLES DE CALCUL DE DIFFÉRENTES POUTRES

PAR

M. F. CHAUDY

PREMIÈRE PARTIE

Nouvelle méthode de calcul des poutres continues.

PRINCIPE DE LA MÉTHODE

Soit $A_0 A_1 A_2 \ldots . A_n$ une poutre continue droite posée sur $n+1$ appuis de niveau ou non (*fig. 1*). Nous supposons que cette poutre

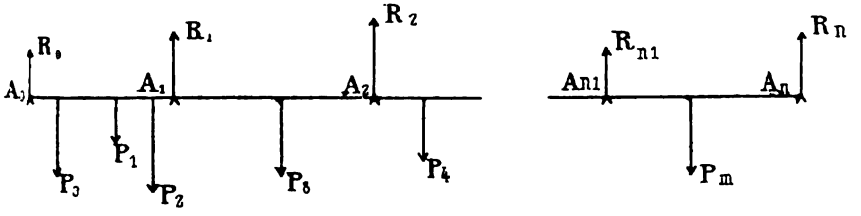


FIG. 1.

est soumise à l'action d'une série de charges $P_0 P_1 P_2 \ldots . P_m$ qui produisent ensemble un travail des forces intérieures que nous désignerons par $\mathfrak{T}$. Il s'agit pour nous de calculer les réactions $R_0 R_1 R_2 \ldots . R_n$ des appuis, soit $n+1$ inconnues.

Pour cela nous disposons déjà de deux équations d'équilibre, à savoir: une équation de projection et une équation de moments. Pour achever de déterminer le problème, il nous faut trouver $n-1$ autres équations. C'est dans la manière d'obtenir celles-ci que réside la nouveauté de notre méthode.

Supposons la poutre simplement posée sur deux appuis pris parmi les $n+1$ appuis donnés, par exemple les appuis A_h et A_k. Cette poutre posée sur deux appuis est soumise à l'action des forces $P_0 P_1 P_2 \ldots P_m$. On sait alors tracer le polygone des moments fléchissants, étant entendu que les points A_h et A_k de la poutre restent fixes. A la suite de ce tracé on peut effectuer celui de la ligne moyenne fléchie. Cette ligne est représentée comme on sait par un polygone funiculaire des forces $\frac{M}{EI}dx$, ou simplement $M dx$ si la poutre est de section et d'élasticité constantes.

Soit $A'_0 A'_1 A'_2 \ldots A'_h \ldots A'_k \ldots A'_n$ ce polygone, les ordonnées étant amplifiées dans un rapport connu. On mesurera les flèches produites :

1° Aux points d'application des forces $P_0 P_1 P_2 \ldots P_m$;

2° Aux points $A_0 A_1 A_2 \ldots A_{h-1} A_{h+1} \ldots A_{k-1} A_{k+1} \ldots A_n$.

Désignons ces flèches par $F_0 F_1 F_2 \ldots F_m$ pour la première série par $f_0 f_1 f_2 \ldots f_{h-1} f_{h+1} \ldots f_{k-1} f_{k+1} \ldots f_n$ pour la deuxième.

Le travail des forces intérieures est ici :

$$(1) \qquad \mathfrak{T}_1 = \frac{P_0 F_0 + P_1 F_1 + \ldots + P_m F_m}{2}.$$

Pour ramener la poutre supposée sur les deux appuis simples A_h et A_k à reposer sur les $n+1$ appuis $A_0 A_1 A_2 \ldots A_n$, il suffit évidemment d'appliquer aux points $A_0 A_1 A_2 \ldots A_{h-1} A_{h+1} \ldots A_{k-1} A_{k+1} \ldots A_n$ des forces croissant depuis zéro jusqu'aux valeurs correspondantes des réactions inconnues $R_0 R_1 R_2 \ldots R_{h-1} R_{h+1} \ldots R_{k-1} R_{k+1} \ldots R_n$. Il se produit alors un mouvement de la poutre et, dans ce mouvement, un certain travail des forces intérieures qui a pour expression :

$$(2) \quad \mathfrak{T}_2 = \frac{R_0 f_0 + R_1 f_1 + \ldots + R_{h-1} f_{h-1} + R_{h+1} f_{h+1} + \ldots + R_n f_n}{2} + P_0 F'_0 + P_1 F'_1 + \ldots + P_m F'_m,$$

en désignant par $F'_0 F'_1 \ldots F'_m$ les déplacements des points d'application des forces $P_0 P_1 \ldots P_m$ produits dans cette deuxième période.

Ajoutons membre à membre les égalités (1) et (2). La somme $\mathfrak{T}_1 + \mathfrak{T}_2$ des premiers membres n'est autre chose que le travail des forces intérieures dans la poutre continue, travail que nous avons désigné par $\mathfrak{T}$. Remarquons que ce travail a, d'autre part, pour expression analytique :

$$(3) \quad \mathfrak{T} = \frac{P_0 F_0 + P_1 F_1 + \ldots + P_m F_m}{2} + \frac{P_0 F'_0 + P_1 F'_1 + \ldots + P_m F'_m}{2}.$$

Nous avons donc, d après cette remarque :

$$\mathfrak{C}_1 + \mathfrak{C}_2 = \mathfrak{C} = \mathfrak{C} + \frac{R_0 f_0 + R_1 f_1 + \ldots\ldots + R_n f_n}{2} + \frac{P_0 F'_0 + P_1 F_1 + \ldots\ldots + P_m F'_m}{2}$$

Il résulte de là :

$$\frac{P_0 F'_0 + P_1 F'_1 + \ldots\ldots + P_m F'_m}{2} = -\frac{R_0 f_0 + R_1 f_1 + R_n f_n}{2}$$

En remplaçant le premier membre de cette égalité par le second dans l'équation (3), celle-ci devient :

$$(4)\quad \mathfrak{C} = \frac{P_0 F_0 + P_1 F_1 + \ldots\ldots + P_m F_m}{2} - \frac{R_0 f_0 + R_1 f_1 + \ldots\ldots + R_n f_n}{2}.$$

On écrira autant d'équations (4) qu'il y a d'appuis moins un, c'est-à-dire qu'on regardera n fois la poutre comme posée sur deux des $n+1$ appuis donnés. En tout on obtiendra donc n équations. En égalant entre eux les seconds membres, c'est-à-dire en éliminant $\mathfrak{C}$, il restera les $n-1$ équations cherchées qui sont du premier degré par rapport aux inconnues. On résoudra ces équations analytiquement.

On pourra alors tracer le polygone des moments fléchissants qui se produisent dans la poutre continue, ainsi que les efforts tranchants.

On pourra de plus, si on veut, calculer rapidement, au moyen de l'une quelconque des équations (4), la valeur du travail de flexion $\mathfrak{C}$. On vérifiera que ce travail est inférieur ou au plus égal au produit de la somme des charges $P_0 + P_1 + \ldots\ldots + P_m$ par un certain coefficient λ dépendant des longueurs des travées.

Remarque I. — Lorsqu'on passe d'une combinaison de deux appuis à une autre, les forces agissant sur la poutre restant les mêmes en grandeur et en position, le polygone des moments fléchissants reste le même ; la ligne de fermeture de ce polygone change seulement. Il résulte de cette remarque que, pour le calcul des réactions des $n+1$ appuis d'une poutre continue droite, on aura à tracer :

1° Un polygone de moments fléchissants ;

2° n polygones représentant la ligne moyenne fléchie dans n hypothèses.

En tout $n+1$ polygones, c'est-à-dire autant que d'appuis.

Remarque II. — La méthode de calcul dont nous venons de donner le principe est évidemment applicable au calcul des réactions

des appuis des poutres continues en arcs s'arc-boutant sur lesquelles nous avons attiré l'attention des constructeurs en 1889 (1).

Application.

Nous nous proposons de résoudre le problème suivant :

Calculer les réactions des appuis d'une poutre continue droite à trois travées, soumise à l'action de charges verticales provenant d'un train de machines-locomotives attelées normalement. La poutre a une section constante, ses appuis sont de niveau, et les travées ont pour longueurs $l_1 = 10\ m$, $l_2 = 20\ m$, $l_3 = 10\ m$.

Nous supposerons que les machines-locomotives qui chargent la poutre sont des machines du système Woolf et du type de la Compagnie du Nord. Ces machines ont six essieux chacune, dont quatre appartenant à la machine proprement dite et deux au tender. Nous en avons placé deux entières sur la poutre ; une troisième n'exercera d'action que par les quatre essieux de sa machine proprement dite *(fig. 6)*.

La première opération à effectuer consiste à tracer le polygone des forces relatif au polygone des moments fléchissants de la poutre supposée sur deux appuis, c'est-à-dire le polygone des charges verticales. Nous l'avons représenté figure 2. Le polygone des moments fléchissants que nous en avons déduit, en prenant une distance polaire égale à 10 *m*, est représenté en trait plein sur la figure 6. Ce polygone a trois lignes de fermeture correspondant aux trois hypothèses que nous avons faites :

1° La poutre repose seulement sur l'appui de gauche (appui n° 1) et le troisième appui.

2° La poutre repose seulement sur le deuxième et sur le quatrième appui.

3° La poutre repose seulement sur le deuxième et sur le troisième appui.

Nous avons choisi ces hypothèses plutôt que d'autres, parce qu'elles nous ont permis de tracer l'épure dans un cadre relativement restreint.

Pour le tracé des lignes moyennes fléchies correspondant aux trois hypothèses ci-dessus, nous avons divisé la poutre tout entière en seize parties égales. C'est au milieu de chacune de ces parties qu'on suppose appliquée sur la poutre une force égale, en grandeur et en signe, au moment fléchissant dans la section considérée. Les polygones de ces forces M sont représentés par les

(1) Voir le *Génie civil*, tome XV, n° 10.

figures 3, 4 et 5. Les polygones funiculaires correspondants, tracés avec une distance polaire égale à 10,00 *m*, sont représentés sur la figure 6.

Tous ces tracés étant effectués, nous avons pu écrire les trois équations dont le type général est représenté par notre formule (4). Nous donnons ci-dessous le détail de nos calculs.

1re Équation :

$$2\,\mathfrak{C} = \left\{\begin{array}{l} +\ 9\,530 \times 1{,}85 \\ +14\,660 \times 4{,}15 \\ +14\,370 \times 6{,}2 \\ +14\,240 \times 8 \\ +\ 9\,400 \times 12{,}65 \\ +\ 9\,900 \times 13{,}75 \\ +\ 9\,530 \times 13{,}4 \\ +14\,660 \times 12{,}7 \\ +14\,370 \times 11{,}6 \\ +14\,240 \times 10{,}4 \\ +\ 9\,400 \times 4{,}7 \\ +\ 9\,900 \times 1{,}6 \\ -\ 9\,530 \times 2{,}5 \\ -14\,660 \times 3{,}8 \\ -14\,270 \times 4{,}9 \\ -14\,240 \times 6 \end{array}\right\} - R_1 \times 12{,}5 + R_3 \times 8{,}5$$

ou bien :

$$2\,\mathfrak{C} = 989\,824{,}5 - R_1 \times 12{,}5 + R_3 \times 8{,}5 \qquad (a)$$

2e Équation :

$$2\,\mathfrak{C} = \left\{\begin{array}{l} -\ 9\,530 \times 3{,}45 \\ -14\,660 \times 3{,}05 \\ -14\,370 \times 2{,}7 \\ -14\,240 \times 2{,}25 \\ +\ 9\,400 \times 0{,}2 \\ +\ 9\,900 \times 2{,}45 \\ +\ 9\,530 \times 6{,}7 \\ +14\,660 \times 8{,}2 \\ +14\,370 \times 9{,}35 \\ +14\,240 \times 10{,}5 \\ +\ 9\,400 \times 12{,}15 \\ +\ 9\,900 \times 11{,}8 \\ +\ 9\,530 \times 9{,}2 \\ +14\,660 \times 7{,}9 \\ +14\,370 \times 6{,}25 \\ +14\,240 \times 4{,}5 \end{array}\right\} - R_2 \times 11{,}1 + R_0 \times 3{,}7$$

ou bien :

$$2\,\mathfrak{S} = 934\,059{,}5 - R_2 \times 11{,}1 + R_0 \times 3{,}7 \qquad (b)$$

3e Équation :

$$2\,\mathfrak{S} = \left\{\begin{array}{rl} + & 9\,530 \times 8{,}4 \\ + & 14\,660 \times 6{,}8 \\ + & 14\,370 \times 5{,}35 \\ + & 14\,240 \times 3{,}9 \\ - & 9\,400 \times 0{,}2 \\ - & 9\,900 \times 1{,}25 \\ - & 9\,530 \times 1{,}85 \\ - & 14\,660 \times 1{,}9 \\ - & 14\,370 \times 1{,}9 \\ - & 14\,240 \times 1{,}9 \\ - & 9\,400 \times 1{,}4 \\ - & 9\,900 \times 0{,}7 \\ + & 9\,530 \times 1{,}6 \\ + & 14\,660 \times 2{,}6 \\ + & 14\,370 \times 3{,}7 \\ + & 14\,240 \times 4{,}8 \end{array}\right\} - R_0 \times 9{,}6 - R_3 \times 7{,}2$$

ou bien :

$$2\,\mathfrak{S} = 352\,752 - R_0 \times 9{,}6 - R_3 \times 7{,}2 \qquad (c)$$

A ces trois équations (*a*) (*b*) (*c*) se joignent les deux équations ordinaires d'équilibre. D'abord l'équation de projection, qui est :

$$R_0 + R_1 + R_2 + R_3 = 197\,000 \qquad (d)$$

Puis l'équation des moments par rapport au premier appui.

Le moment des charges, calculé graphiquement à l'aide du polygone des moments qu'on a tracé dès le début, est de 3 800 000.

L'équation des moments est donc :

$$R_1 \times 10 + R_2 \times 30 + R_3 \times 40 = 3\,800\,000 \qquad (e)$$

Les cinq équations (*a*) (*b*) (*c*) (*d*) (*e*) résolues par rapport à R_0, R_1, R_2 et R_3, nous donnent :

$$R_0 = 20\,179$$
$$R_1 = 81\,077$$
$$R_2 = 84\,053$$
$$R_3 = 11\,691$$

Les réactions des appuis une fois connues, nous avons pu tracer le polygone des forces représenté figure 7 et, à la suite, le polygone des moments fléchissants représenté sur la figure 8. Cette dernière figure comprend également le tracé des efforts tranchants.

APPENDICE DE LA PREMIÈRE PARTIE

I. — Nous nous proposons dans cette note d'établir la formule du travail de flexion dont nous nous sommes servi pour établir notre méthode.

On sait que, dans la déformation d'une pièce fléchie, les forces intérieures donnent lieu, depuis l'origine de la flexion jusqu'à l'état d'équilibre définitif, à un travail :

$$\mathfrak{T} = \frac{1}{2}\int_A^B \left(\frac{M^2}{EI} + \frac{N^2}{E\Omega} + \frac{T^2}{G\Omega}\right) ds. \qquad (5)$$

Dans cette formule, M représente le moment fléchissant, N la compression longitudinale et T l'effort tranchant dans une section quelconque de la pièce AB ; I et Ω représentent le moment d'inertie et la surface de cette section ; E et G sont les coefficients d'élasticité de la matière dans le sens longitudinal et dans le sens transversal.

Étant donnée une pièce fléchie sous l'action de forces extérieures p_1, p_2, p_3, ... p_n, nous voulons montrer que le travail $\mathfrak{T}$ des forces intérieures est la moitié du travail représenté par la somme des quantités obtenues en multipliant chacune des forces p par le déplacement élastique f de son point d'application estimé suivant la direction de la force. Nous désignerons les valeurs de f respectivement par f_1, f_2, f_3 ..... f_n.

L'équilibre d'une pièce soumise à la flexion ne se produit pas immédiatement lorsqu'on applique les forces p sur cette pièce. Les forces intérieures partent de zéro pour aboutir aux valeurs d'équilibre R, tandis que les flèches partent de zéro également pour aboutir respectivement aux valeurs d'équilibre f_1, f_2, f_3, ... f_n. Il est clair que la pièce sera en équilibre sous l'action des forces p, *à un instant quelconque de la déformation*, si nous imaginons qu'à cet instant les forces intérieures ont les valeurs qu'elles n'atteignent, en réalité, que lorsque les flèches f_1, f_2, f_3, ... f_n sont produites.

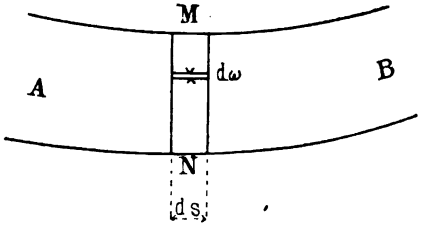


FIG. 9.

Considérons donc un élément ds dans la pièce fléchie AB *(fig. 9)* et dans cet élément une fibre de section transversale $d\omega$ qui va s'allonger

d'une quantité Δds. Cette fibre est soumise à une tension que nous désignerons par $R d\omega$ et à un effort tranchant $R_1 d\omega$ et c'est l'ensemble des tensions et des efforts analogues qui peuvent, à chaque instant de la déformation, faire équilibre aux forces extérieures.

Or, le travail de la force $R d\omega$ est $R d\omega . \Delta ds$. D'ailleurs, on a :

$$R = E \frac{\Delta ds}{ds},$$

d'où nous tirons :

$$\Delta ds = \frac{R}{E} ds.$$

Le travail de la force $R d\omega$ peut donc s'écrire :

$$\frac{R^2}{E} d\omega . ds.$$

Pour passer de là au travail développé dans toute la tranche MN, il suffit de remplacer R par sa valeur $\frac{vM}{I} - \frac{N}{\Omega}$ et d'intégrer la fonction obtenue dans toute la section, ce qui donne :

$$ds \int_N^M \frac{1}{E} \left(\frac{vM}{I} - \frac{N}{\Omega}\right)^2 d\omega$$

$$= ds \int_N^M \left(\frac{M^2}{EI^2} v^2 d\omega - \frac{2MN}{EI\Omega} v d\omega + \frac{N^2}{E\Omega^2} d\omega\right)$$

$$= ds \left(\frac{M^2}{EI} + \frac{N^2}{E\Omega}\right),$$

car :

$$\int_N^M v^2 d\omega = I, \qquad \int_N^M v d\omega = 0, \qquad \int_N^M d\omega = \Omega.$$

Enfin, pour toute la poutre AB, le travail des efforts intérieurs longitudinaux, supposés constants du commencement à la fin de la déformation, a pour expression :

$$\int_A^B \left(\frac{M^2}{EI} + \frac{N^2}{E\Omega}\right) ds.$$

Nous établirions d'une manière analogue que le travail des efforts intérieurs $R_1 d\omega$, supposés constants, est donné par la formule :

$$\int_A^B \frac{T^2}{G\Omega} ds.$$

Le travail total des efforts intérieurs a finalement pour valeur absolue :

$$\int_A^B \left(\frac{M^2}{EI} + \frac{N^2}{E\Omega} + \frac{T^2}{G\Omega}\right) ds.$$

Comme à chaque instant les forces extérieures sont équilibrées par les forces fictives intérieures que nous considérons et que, d'ailleurs, le travail total des forces extérieures a pour valeur absolue :

$$p_1 f_1 + p_2 f_2 + p_3 f_3 + \ldots\ldots + p_n f_n,$$

nous pouvons écrire :

$$\int_A^B \left(\frac{M^2}{EI} + \frac{N^2}{E\Omega} + \frac{T^2}{G\Omega}\right) ds = p_1 f_1 + p_2 f_2 + p_3 f_3 + \ldots\ldots + p_n f_n,$$

c'est-à-dire, en tenant compte de la formule (5) :

$$\mathfrak{C} = \frac{1}{2}\left(p_1 f_1 + p_2 f_2 + p_3 f_3 + \ldots\ldots + p_n f_n\right).$$

C'est la formule que nous nous proposions de démontrer.

Nous allons la démontrer encore d'une deuxième manière.

Le moment fléchissant M, la compression longitudinale N, et l'effort tranchant T étant, comme on sait, des fonctions homogènes du premier degré en p_1, p_2, p_3, ... p_n, le travail $\mathfrak{C}$ est, d'après la formule (5), une fonction homogène du deuxième degré en p_1, p_2, ... p_n. En appliquant à la fonction $\mathfrak{C}$ le théorème d'Euler sur les fonctions homogènes, nous avons :

$$p_1 \frac{d\mathfrak{C}}{dp_1} + p_2 \frac{d\mathfrak{C}}{dp_2} + \ldots\ldots + p_n \frac{d\mathfrak{C}}{dp_n} = 2\mathfrak{C}.$$

Or, le théorème de l'Ingénieur italien Castigliano, relatif aux dérivées du travail, nous donne :

$$\frac{d\mathfrak{C}}{dp_1} = f_1 \qquad \frac{d\mathfrak{C}}{dp_2} = f_2 \ldots\ldots \frac{d\mathfrak{C}}{dp_n} = f_n.$$

En remplaçant les dérivées par leurs valeurs dans l'expression du travail $\mathfrak{C}$ fournie par le théorème d'Euler, nous obtenons la formule que nous nous proposions de démontrer :

$$\mathfrak{C} = \frac{1}{2}\left(p_1 f_1 + p_2 f_2 + \ldots\ldots = p_n f_n\right).$$

II. — Nous nous proposons ici de montrer que, pour les poutres droites posées sur deux appuis, avec ou sans encastrement, le polygone funiculaire des forces $\frac{M}{EI}\,dx$ peut représenter la ligne

moyenne fléchie dont les ordonnées sont amplifiées dans un rapport déterminé.

Soit A B la poutre droite que nous considérons *(fig. 10)*. Pour

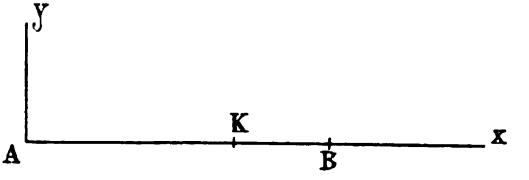


Fig. 10.

un point K quelconque de la ligne moyenne de cette poutre, on sait que le déplacement élastique v_k, estimé suivant l'axe Ay perpendiculaire à AB, a pour expression :

$$v_k = -\Omega x_k - \int_o^k \frac{Mx}{EI}\, dx,$$

en négligeant l'effet de l'effort tranchant. D'ailleurs, le déplacement angulaire Ω de la section K a pour expression :

$$\Omega = \Omega_o - \int_o^k \frac{M}{EI}\, dx,$$

Ω_o désignant ici le déplacement angulaire de la section origine.

Si à l'origine A la poutre est encastrée, on a $\Omega_o = 0$ et l'expression de v_k devient :

$$(6) \qquad v_k = \int_o^k \frac{M\,(x_k - x}{EI}\, dx.$$

Si à l'origine A la poutre n'est pas encastrée, on peut toujours choisir pour origine des coordonnées une section pour laquelle $\Omega_o = 0$. L'expression de v_k est donc encore l'expression (6).

Soit C la section inconnue de la poutre AB pour laquelle $\Omega_o = 0$ *(fig. 11)*. Nos axes de coordonnées sont alors Cy et Cx. Considérons d'abord la portion CB de la poutre et cherchons graphiquement quelle est l'ordonnée y_k d'un point K d'abscisse x_k de la ligne moyenne fléchie. Par hypothèse, puisque nous prenons le point C différent de A et de B, les extrémités de la poutre sont librement posées sur les appuis. L'expression analytique de y_k est (6) comme nous venons de le voir. Nous pouvons mettre cette expression sous la forme suivante :

(7) $$y_k = \sum_o^{x_k} \frac{M}{EI}(x_k - x)\,\Delta x = \Delta x \sum_o^{x_k} \frac{M}{EI}(x_k - x).$$

Nous partagerons la ligne moyenne CB en un certain nombre de parties égales entre elles et assez petites pour que dans chacun

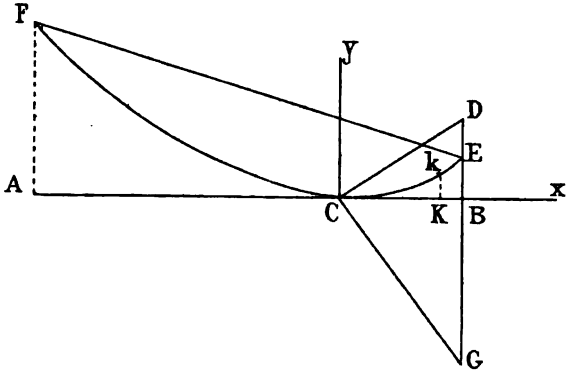


Fig. 11.

des intervalles nous puissions considérer M, E et I comme des constantes. Au milieu de chacune des divisions nous appliquerons une force fictive $\frac{M}{EI}$ parallèle à Cy et dirigée dans le sens des y positifs ou en sens contraire selon le signe de M. Nous tracerons le polygone B D de ces forces $\frac{M}{EI}$. Nous prendrons le point C pour pôle, c'est-à-dire CB pour distance polaire, et nous tracerons enfin le polygone funiculaire CE relatif aux forces $\frac{M}{EI}$.

D'après une propriété connue des polygones funiculaires, le moment, par rapport à un point quelconque K de la ligne moyenne CB, des forces fictives $\frac{M}{EI}$ est égal au produit de la distance polaire CB par l'ordonnée Kk du point du polygone funiculaire dont l'abscisse a son extrémité en K. Or, ce moment a pour expression :

$$\sum_o^{x_k} \frac{M}{EI}(x_k - x).$$

On a donc :

$$\sum_o^{x_k} \frac{M}{EI}(x_k - x) = CB \times Kk.$$

D'autre part, nous tirons de (2) :

$$\sum_o^{x^k} \frac{M}{EI}(x_k - x) = \frac{y_k}{\Delta x}.$$

Il résulte de ces deux égalités que l'on a :

$$\frac{y_k}{\Delta x} = \text{CB} \times \text{K}k,$$

CB étant lu à l'échelle des forces et Kk à l'échelle des longueurs. De là nous tirons :

$$y_k = \text{CB} \times \text{K}k \times \Delta x$$

Comme CB et Δx sont des constantes, on voit que le polygone funiculaire CE peut représenter la ligne moyenne fléchie.

Nous pourrions opérer de même pour la partie CA de la poutre et tracer le polygone CF relatif à un polygone BG des forces $\frac{M}{EI}$ et à un pôle C. Nous aurions ainsi, pour représenter toute la ligne moyenne fléchie, dans l'hypothèse où le point C est immobile, le polygone funiculaire FCE des forces $\frac{M}{EI} dx$. Si, de cette hypothèse du point C immobile, nous passons à la réalité, c'est-à-dire si nous considérons les points A et B immobiles dans le sens vertical, il est bien clair que les déplacements élastiques amplifiés seront représentés par les segments verticaux compris entre le polygone FCE et sa ligne de fermeture FE. C'est ce que nous voulions montrer.

III. — Dans le cas d'une poutre courbe comme une poutre continue en arcs s'arc-boutant, la ligne moyenne fléchie n'est plus représentée par le polygone funiculaire des forces $\frac{M}{EI} ds$. Les segments verticaux compris entre le polygone funiculaire et sa ligne de fermeture représentent les déplacements élastiques verticaux amplifiés dans un rapport déterminé.

Soit ACB une poutre courbe *(fig. 12)*. Comme dans le cas précédent nous aurions une section C pour laquelle ω_0 serait nul, puis le polygone funiculaire des forces $\frac{M}{EI} ds$ avec sa tangente AB' en C'. Les segments verticaux compris entre le polygone et sa tangente en C' représentent, à un coefficient constant près, les déplacements élastiques estimés suivant Cy, dans l'hypothèse où le point C est immobile. Nous pouvons donc tracer la courbe A_1CB_1 représentant la ligne moyenne fléchie. Dans le cas réel où les points A et B sont immobiles, la corde A_1B_1 se confond avec la corde AB et la courbe A_1CB_1 est en AC_1B. Un point quelconque M_1 de A_1CB_1 est venu en M_2.

D'ailleurs on a : $M_1M' = N_1N'$

$$M_1M_2 = n_1n_2 = N_1N_2.$$

Il résulte de là que :

$$M'M_2 = N'N_2.$$

Ainsi, les points A et B étant les points d'appui de la poutre,

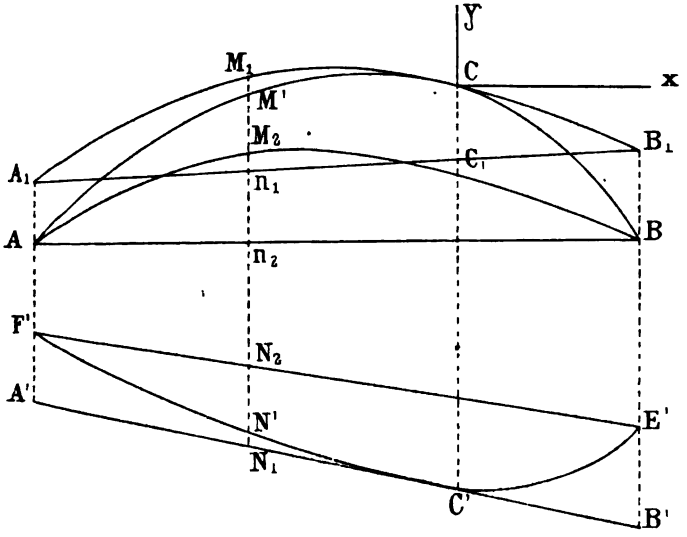


Fig. 12.

les déplacements élastiques verticaux sont représentés à un coefficient constant près par les segments compris entre le polygone funiculaire des forces $\frac{M}{EI}\,ds$ et sa ligne de fermeture.

DEUXIÈME PARTIE

Méthode grapho-analytique de calcul des poutres armées et des ponts suspendus à tablier rigide.

Poutres armées.

PRINCIPE DE LA MÉTHODE

Soit A B une poutre armée à n contre-fiches que nous désignerons par les numéros 1, 2, 3..... n *(fig. 13)*. Cette poutre repose sur

deux appuis A et B, et ses extrémités sont libres ou encastrées; dans l'un et l'autre cas la méthode que nous allons exposer est aussi bien applicable. La poutre se compose d'une pièce rigide droite A B dans laquelle sont encastrées les contre-fiches et d'un câble continu A *a b*..... B attaché en A et B aux extrémités de la

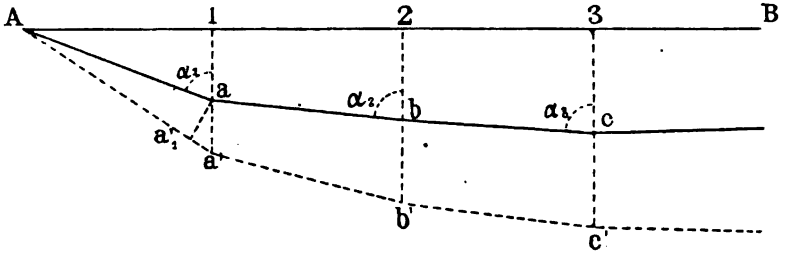


FIG. 13.

pièce précédente et pouvant glisser sur les extrémités inférieures des contre-fiches. Il résulte de cette disposition que la tension du câble, sous l'action des charges, est la même en tous les points de sa longueur. C'est cette tension qui est l'inconnue du problème.

Soient P, P', P'', etc. les charges agissant sur la poutre. Sous l'action de ces charges celle-ci fléchit et le câble vient prendre la position A *a' b'*..... B. Les points A et B ne se sont pas déplacés verticalement et nous pouvons négliger les déplacements horizontaux de ces points par rapport aux déplacements verticaux des points *a*, *b*, *c*, etc. C'est une approximation classique sur laquelle nous n'avons pas besoin d'insister.

Supposons que la tension du câble soit *t*. Nous nous donnons cette tension en kilogrammes par exemple. De cette tension *t*, il résulte, au point d'attache de la contre-fiche n° 1, une force verticale dirigée de bas en haut égale à :

$$t\,(\cos\alpha_1 - \cos\alpha_2) = r_1,$$

et un moment égal à :

$$t\,(\sin\alpha_1 - \sin\alpha_2)\,l_1 = m_1.$$

Au point d'attache de la contre-fiche n° 2 on aura de même une force :

$$t\,(\cos\alpha_2 - \cos\alpha_3) = r_2,$$

et un moment :

$$t\,(\sin\alpha_2 - \sin\alpha_3)\,l_2 = m_2.$$

Et ainsi de suite. Les angles α_1, α_2, etc., sont ceux que forment les éléments du câble avec la verticale, et les longueurs l_1, l_2, etc., sont celles des contre-fiches.

Ceci posé, les déplacements élastiques verticaux des points a, b, c, etc. peuvent être considérés comme les résultantes respectives des déplacements produits, d'une part, par les forces P, P', P'', etc., agissant sur la pièce droite A B supposée sans câble et, d'autre part, par les réactions r_1, r_2, r_3, etc. des contre-fiches et les moments m_1, m_2, m_3, etc. En général, comme nous le montrerons plus loin dans une application, on peut négliger l'action de ces derniers. Désignons par v_1, v_2, v_3, etc. les déplacements élastiques produits par les forces P, et par v'_1, v'_2, v'_3, etc., les déplacements produits par les forces r. On peut facilement évaluer les uns et les autres au moyen d'une épure. Le problème consiste à tracer des lignes moyennes fléchies, c'est-à-dire des polygones funiculaires des forces $\frac{M}{EI}dx$.

On aura, par exemple, pour le point a, en négligeant d'ailleurs l'effet de r_1 et m_1 sur la contre-fiche n° 1, un déplacement égal à $v_1 - v'_1$. Si la tension du câble est x, le déplacement sera par conséquent :

$$aa' = v_1 - \frac{v'_1 x}{t}.$$

Pour le point b nous aurons de même :

$$bb' = v_2 - \frac{v'_2 x}{t},$$

et ainsi de suite.

L'allongement total du câble est la somme d'allongements partiels de la forme $aa' \cos \alpha_1$, $(bb' - aa') \cos \alpha_2$, etc., en négligeant les quantités du deuxième ordre.

Nous pouvons donc écrire :

$$\text{Allongement du câble} = A = \left(v_1 - \frac{v'_1 x}{t}\right) \cos \alpha_1 + \left[v_2 - \frac{v'_2 x}{t} - \left(v_1 - \frac{v'_1 x}{t}\right)\right] \cos \alpha_2 + \ldots\ldots$$

D'un autre côté, soient l la longueur totale du câble et ω sa section transversale. A cause de la formule :

$$R = E\lambda,$$

on a :

$$R\omega = x = E\lambda\omega = E\omega\frac{A}{l},$$

d'où :

$$A = \frac{lx}{E\omega}.$$

En égalant entre elles les deux valeurs de A, nous avons :

$$(8)\quad \left(v_1-\frac{v'_1 x}{t}\right)\cos\alpha_1+\left[v_2-\frac{v'_2 x}{t}-\left(v_1-\frac{v'_1 x}{t}\right)\right]\cos\alpha_2+\ldots\ldots=\frac{lx}{E\omega}.$$

C'est cette équation du premier degré qui résoud le problème, c'est-à-dire qui fournit la valeur de la tension x du câble.

Nous ferons remarquer que la méthode que nous venons d'indiquer peut être regardée comme une méthode entièrement analytique. Cependant, à cause des laborieux calculs qu'il faudrait faire pour obtenir les flèches v et v' nous conseillons l'emploi du calcul graphique permettant d'obtenir rapidement celles-ci. De là le nom de grapho-analytique que nous donnons à notre méthode.

Action de la température. — Généralement la pièce rigide AB est faite d'une matière différente de celle du câble. Si elle est en bois la température n'a aucune influence sur elle. Il n'y a alors qu'à tenir compte de l'influence de la température sur le câble. Soit δ le coefficient de dilatation de la matière de celui-ci et soit τ le nombre de degrés de température au-dessus ou au-dessous de la température de pose.

Dans le cas d'une élévation de température le second membre de la formule (8) devra être remplacé par :

$$\frac{lx}{E\omega}+l\delta\tau.$$

Dans le cas d'un abaissement de température on devra prendre pour ce second membre :

$$\frac{lx}{E\omega}-l\delta\tau.$$

Application.

Nous nous proposons de calculer la tension du câble d'une poutre armée à simples appuis représentée figure 14. La pièce rigide est en bois de chêne ; sa section est rectangulaire et mesure 0,15 *m* de largeur sur 0,30 *m* de hauteur. Le câble est en fer et a un diamètre constant de 30 *mm*.

Nous ferons le calcul dans le cas où deux charges distinctes de 1 300 *kg* chacune agissent sur la poutre dans la position indiquée par la figure 15.

Tout d'abord nous devons supposer une tension t du câble ; soit

$t = 5\,000\ kg$. A cette tension correspondent les compressions suivantes des contre-fiches :

$$c_1 = c'_1 = t\,(\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)$$
$$c_2 = c'_2 = t\,(\cos \alpha_2 - \cos \alpha_3)$$
$$c_3 = 2\,t \cos \alpha_3$$

Comme nous avons :

$$\cos \alpha_1 = \cos 76^\circ = 0{,}24192$$
$$\cos \alpha_2 = \cos 84^\circ = 0{,}10453$$
$$\cos \alpha_3 = \cos 88^\circ = 0{,}0348995$$

en résulte :

$$c_1 = c'_1 = 0{,}13739\ t = 686{,}95\ kg$$
$$c_2 = c'_2 = 0{,}06963\ t = 348{,}15\ kg$$
$$c_3 = 0{,}069799\ t = 348{,}995\ kg$$

Ceci fait, nous traçons d'une part :

1° Le polygone des charges données représenté figure 16 avec une distance polaire de $3\ m$;

2° Le polygone des moments fléchissants qui résulte de ce polygone des charges ;

3° Le polygone des forces $\frac{M}{3}\,dx$ *(fig. 17)*. Pour cela, nous divisons la portée en 12 parties égales. Au milieu de chacune de ces parties nous supposons appliquée une force représentée par le tiers du moment fléchissant M correspondant. La figure 17 représente le polygone de ces forces fictives avec une distance polaire égale à $6\ m$. Nous considérons les tiers des moments fléchissants au lieu des moments entiers pour limiter la grandeur de l'épure.

4° Le polygone funiculaire qui résulte du polygone des forces précédent. Ce polygone funiculaire représente la ligne moyenne amplifiée de la pièce rigide seule soumise à l'action des deux charges données.

D'autre part, nous traçons :

1° Le polygone des réactions verticales des contre-fiches pour une tension supposée du câble de 5 000 *kg (fig. 18)*.

2° Le polygone des moments fléchissants qui résulte de ce polygone des réactions ;

3° Le polygone des forces $\frac{M}{3}\,dx$ *(fig. 19)*, analogue au polygone de la figure 17 ;

4° Le polygone funiculaire qui résulte du polygone des forces

précédent. Ce polygone funiculaire représente la ligne moyenne amplifiée de la pièce rigide seule soumise à l'action des réactions des contre-fiches.

Nous avons pris 6 *m* pour distance polaire dans les polygones 4 et 6 des forces $\frac{M}{3}$. Comme, d'autre part, nous avons divisé la ligne moyenne en 12 parties égales, c'est-à-dire qu'une division a une longueur de 1 *m*, les déplacements élastiques des points d'attache des contre-fiches sont donnés par la formule :

$$v = \frac{3 \times 6\,m \times 1\,m \times d}{E'\,I} = \frac{18\,d}{E'\,I} \qquad (f)$$

dans laquelle *d* représente l'ordonnée mesurée à l'échelle des forces sur l'épure figure 15 ; E′ est le coefficient d'élasticité de la pièce rigide et I est son moment d'inertie.

Avant de remplacer *d* par ses valeurs numériques, ouvrons une parenthèse pour examiner l'influence des moments d'encastrement des contre-fiches. Les forces horizontales agissant aux extrémités de celles-ci sont, pour les contre-fiches 1, 2, 3 :

$$t\,(\sin \alpha_1 - \sin \alpha_2)$$
$$t\,(\sin \alpha_2 - \sin \alpha_3)$$
$$0$$

Comme nous avons :

$\sin \alpha_1 = 0{,}97030$ $\sin \alpha_2 = 0{,}99452$ $\sin \alpha_3 = 0{,}999\,3908$,

ces forces horizontales deviennent respectivement :

$$0{,}02422\,t = 121{,}1\ kg$$
$$0{,}0048708\,t = 24{,}354\ kg$$
$$0$$

Les moments correspondants ont pour valeur :

$$\mu_1 = 121{,}1 \times 0{,}312 = 37{,}7832$$
$$\mu_2 = 24{,}354 \times 0{,}487 = 11{,}86$$
$$\mu_3 = 0$$

Ces moments, représentés à l'échelle, donneraient des ordonnées inférieures à un millimètre, et par conséquent sont bien négligeables à côté des moments fournis, soit par les charges données, soit par les réactions verticales des contre-fiches.

Appliquons maintenant l'expression (*f*) des déplacements élastiques *v* des points d'attache des contre-fiches en mesurant sur la figure 15 les valeurs de *d*. Nous désignerons par *a*, *b*, *c*, *b′*, *a′*, les déplacements des points A, B, C, B′, A′, dus aux deux charges don-

nées, et par a_1, b_1, c_1, les déplacements des points A ou A′, B ou B′, C dus aux réactions des contre-fiches dans l'hypothèse d'une tension du câble de 5 000 *kg*.

Nous avons d'une part :

$$a = \frac{18 \times 2\,300}{E'I} = \frac{41\,400}{E'I}$$

$$b = \frac{18 \times 3\,825}{E'I} = \frac{68\,850}{E'I}$$

$$c = \frac{18 \times 4\,100}{E'I} = \frac{73\,800}{E'I}$$

$$a' = \frac{18 \times 1\,850}{E'I} = \frac{33\,300}{E'I}$$

$$b' = \frac{18 \times 3\,300}{E'I} = \frac{59\,400}{E'I},$$

d'autre part :

$$a_1 = \frac{18 \times 1\,550}{E'I} = \frac{27\,900}{E'I}$$

$$b_1 = \frac{18 \times 2\,650}{E'I} = \frac{47\,700}{E'I}$$

$$c_1 = \frac{18 \times 3\,025}{E'I} = \frac{54\,450}{E'I}$$

L'application de la formule (1) nous conduit à :

$$\left[\frac{41\,400}{E'I} + \frac{33\,300}{E'I} - \frac{2 \times 27\,900\,x}{E'I \times 5\,000}\right] \cos \alpha_1$$

$$+\left[\frac{68\,850 - 41\,400}{E'I} + \frac{59\,400 - 33\,300}{E'I} - \frac{2(47\,700 - 27\,900)x}{E'I \times 5\,000}\right] \cos \alpha_2$$

$$+\left[\frac{73\,800 - 68\,850}{E'I} + \frac{73\,800 - 59\,400}{E'I} - \frac{2(54\,450 - 47\,700)x}{E'I \times 5\,000}\right] \cos \alpha_3$$

$$= \frac{lx}{E\omega}.$$

La longueur l du câble est de 12,146 *m*; sa section transversale est 0,00070686 m^2. Le moment d'inertie I de la pièce rigide est 0,0003375. Enfin on a $\frac{E'}{E} = \frac{12}{200}$. L'équation ci-dessus devient alors :

$$72{,}119 - 0{,}010731\,x = 0{,}0010309\,x,$$

d'où nous tirons :

$$x = \frac{72{,}119}{0{,}0117619} = 6\,131\ kg.$$

La résistance du câble par millimètre carré a donc pour valeur:

$$\frac{6\,131}{706,86} = 8,67\ kg.$$

Ponts suspendus à tablier rigide.

PRINCIPE DE LA MÉTHODE

Les ponts suspendus que nous considérons sont composés d'un câble continu A*abc*.....B attaché en A et B à des culées fixes *(fig. 20)*. Des points *a*, *b*, *c*..... de ce câble descendent des tiges

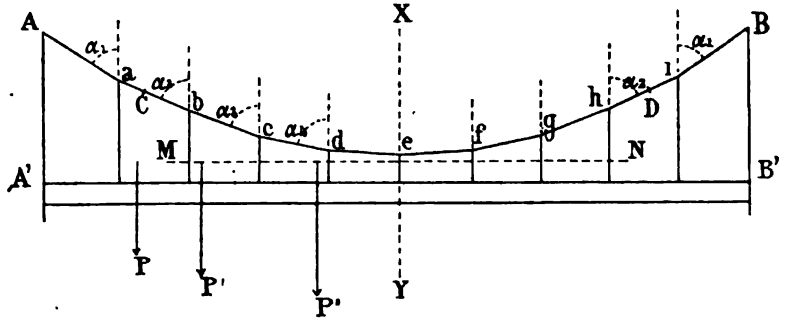


FIG. 20.

verticales qui se relient inférieurement aux poutres rigides d'un tablier A'B' généralement droit. Notre méthode est aussi bien applicable au cas où les extrémités A' et B' des poutres du tablier reposent librement sur les culées ou sont encastrées dans celles-ci. Les tiges verticales qui relient le câble au tablier sont attachées sans encastrement à l'un et à l'autre. D'ailleurs, il faut remarquer que, quelle que soit la position des charges supportées par le tablier, le câble ne change de forme que très faiblement. Il résulte de là que, dans deux éléments du câble symétriques par rapport à l'axe XY, les tensions sont les mêmes, quelle que soit la position des charges. Considérons, par exemple, les deux éléments symétriques *ab* et *hi*. Rendons libre le câble en le coupant en C et D, puis en coupant les barres de suspension issues de *b*, *c*, *d*, etc., par le plan MN. La tension dans *ab* étant *t*, et la tension dans *hi* étant *t'*, on voit qu'il faut, pour l'équilibre du câble rendu libre, que l'on ait :

$$t \sin \alpha_2' = t' \sin \alpha_2'',$$

en désignant par α_2' et α_2'' les angles α_2 modifiés que les éléments *ab* et *hi* forment avec la verticale. Puisque le câble se déforme

peu, quelle que soit la position des charges, on peut admettre que $\alpha'_2 = \alpha''_2 = \alpha_2$. Il en résulte $t = t'$.

De la symétrie des efforts de tension dans le câble résulte l'égalité des efforts dans les tiges de suspension symétriques. Si le câble avait la forme parabolique, il y aurait égalité de tension dans toutes les tiges, et c'est cette tension constante qu'on prendrait comme inconnue du problème. Mais nous ne ferons aucune hypothèse sur la forme du câble. L'inconnue que nous prendrons sera la tension de celui-ci dans les éléments extrêmes. Cette tension une fois connue, on voit bien que toutes les autres peuvent s'en déduire facilement.

Soient P, P′ et P″ des charges données agissant sur la poutre AB. Faisons une hypothèse sur la valeur de la tension des éléments extrêmes du câble ; supposons cette tension égale à t kilogrammes, par exemple. Désignons par α_1, α_2, α_3, α_4, etc., les angles que forment les éléments du câble avec la verticale. La tension étant t dans la partie Aa, elle sera $t\,\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2}$ dans la partie ab, $t\,\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_3}$ dans la partie bc, $t\,\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_4}$ dans la partie cd, etc. D'autre part, la tension dans la tige de suspension issue de a sera :

$$r_1 = t \cos \alpha_1 - t\,\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} \cos \alpha_2 = t \sin \alpha_1 (\operatorname{cotg} \alpha_1 - \operatorname{cotg} \alpha_2).$$

Dans la tige issue de b, ce sera :

$$r_2 = t\,\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} \cos \alpha_2 - t\,\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_3} \cos \alpha_3 = t \sin \alpha_1 (\operatorname{cotg} \alpha_2 - \operatorname{cotg} \alpha_3).$$

Dans la tige C :

$$r_3 = t \sin \alpha_1 (\operatorname{cotg} \alpha_3 - \operatorname{cotg} \alpha_4),$$

et ainsi de suite.

Sous l'action des charges P, P′, P″, etc., le câble s'allonge en s'abaissant de la même quantité en deux points symétriques. Il importe de trouver les déplacements élastiques verticaux aa', bb', cc', etc. des points d'attache des tiges de suspension a, b, c, etc. Or, en négligeant les allongements propres de ces tiges, les déplacements aa', bb', cc', etc. peuvent être regardés comme produits, d'une part, par les forces P, P′, P″, etc. agissant sur la poutre A′B′ supposée sans câble, et, d'autre part, par les tensions r_1, r_2, r_3, etc. agissant également sur cette poutre supposée séparée de son câble. Désignons par v_1, v_2, v_3, etc. les déplacements élastiques produits par les forces P, et par v'_1, v'_2, v'_3, etc. les déplacements produits

par les forces r. On peut facilement évaluer les uns et les autres au moyen d'une épure. Le problème consiste à tracer des lignes moyennes fléchies, c'est-à-dire des polygones funiculaires des forces $\frac{M}{EI}\,dx$.

Ainsi, pour le point a, par exemple, on aura, si la tension du câble dans les éléments extrêmes est égale à t, un déplacement égal à $v_1 - v'_1$. Si la tension est x, le déplacement sera :

$$aa' = v_1 - \frac{v'_1 x}{t}.$$

Pour le point b, nous aurons de même :

$$bb' = v_2 - \frac{v'_2 x}{t},$$

et ainsi de suite.

L'allongement total du câble est la somme d'allongements partiels de la forme $aa' \cos \alpha_1$, $(bb' - aa') \cos \alpha_2$, etc., en négligeant les quantités du second ordre.

Nous pouvons donc écrire :

$$\text{Allongement du câble} = A = 2\left(v_1 - \frac{v'_1 x}{t}\right)\cos \alpha_1$$

$$+ 2\left[v_2 - \frac{v'_2 x}{t} - \left(v_1 - \frac{v'_1 x}{t}\right)\right]\cos \alpha_2 + \ldots\ldots$$

Chaque terme est doublé, puisqu'il y a symétrie.

D'un autre côté, soient l_1, l_2, l_3, etc., les longueurs des éléments Aa, ab, bc, etc., et ω la section transversale du câble.

L'allongement par mètre est donné par la formule :

$$\lambda = \frac{R}{E}.$$

En l'appliquant successivement aux longueurs l_1, l_2, etc., il vient :

$$A = 2x\frac{l_1}{E\omega} + 2x \cdot \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} \cdot \frac{l_2}{E\omega} + 2x \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_3} \cdot \frac{l_3}{E\omega} + \ldots\ldots$$

$$= \frac{2x}{E\omega}\left(l_1 + \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} \cdot l_2 + \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_3} \cdot l_3 + \ldots\ldots\right).$$

En égalant entre elles les deux valeurs de A, nous avons :

$$\left(v_1 - \frac{v'_1 x}{t}\right)\cos \alpha_1 + \left[v_2 - \frac{v'_2 x}{t} - \left(v_1 - \frac{v'_1 x}{t}\right)\right]\cos \alpha_2 + \ldots\ldots \quad (9)$$

$$= \frac{x}{E\omega}\left(l_1 + \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha} l_2 + \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_3} l_3 + \ldots\ldots\right).$$

C'est cette équation du premier degré qui résoud le problème,

c'est-à-dire qui fournit la valeur de la tension des éléments extrêmes du câble.

Action de la température. — Soit δ le coefficient de dilatation de la matière du câble, soit τ le nombre de degrés de température au-dessus ou au-dessous de la température de pose, et soit L la longueur totale du câble. On a :

$$L = 2l_1 + 2l_2 + 2l_3 + \ldots\ldots$$

Dans le cas d'une élévation de température, le second membre de la formule (9) devra être augmenté de

$$L\delta\tau.$$

Dans le cas d'un abaissement de température, ce second membre devra être diminué de la même quantité.

TROISIÈME PARTIE

Calcul des poutres continues en arcs s'arc-boutant, des arcs avec points d'appui intermédiaires, et des arcs ou systèmes d'arcs reliés à des poutres continues.

MÉTHODE GÉNÉRALE GRAPHO-ANALYTIQUE

Le but de cette note est d'indiquer une méthode générale de calcul de toutes les poutres autres que les poutres droites ou en arc à une seule travée.

La méthode, très simple à exposer et à comprendre, peut être regardée comme entièrement analytique. Mais, à cause des calculs très laborieux qu'il faudrait faire pour déterminer les déplacements élastiques de certains points des pièces à calculer, nous conseillons l'emploi de la statique graphique pour la recherche de ces déplacements.

Pour plus de clarté, nous raisonnerons successivement sur chaque espèce de poutre. Le lecteur saisira facilement lui-même la généralité de la méthode après nous avoir suivi dans les cas particuliers.

Mais, avant d'aborder l'étude de ces cas particuliers, nous devons dire que, en ce qui concerne le calcul des poutres continues

droites, le principe de la méthode analytique que M. Bertrand de Fontviolant a publiée en 1884, est le suivant :

« L'ordonnée de la ligne moyenne fléchie est la somme algébrique des ordonnées prises sous l'action des charges agissant seules sur la poutre dont on aurait supprimé les appuis intermédiaires, et des ordonnées développées dans cette même poutre par l'application des réactions des appuis agissant seules. »

C'est ce principe, conséquence immédiate du principe de la superposition des effets des forces, que nous mettons également en usage. Nous allons présenter d'abord la méthode de M. Bertrand de Fontviolant, relative aux poutres continues droites, sous une forme particulière qui nous permettra d'exposer clairement l'extension de la méthode aux poutres continues en arcs s'arc-boutant, aux arcs avec points d'appui intermédiaires, et aux arcs ou systèmes d'arcs reliés à des poutres continues.

POUTRES CONTINUES DROITES

Soit $A_0 A_1 A_2 \ldots A_n$ une poutre continue droite posée sur $n+1$ appuis de niveau ou non, soumise à l'action de charges verticales données P, P', P'', etc. *(fig. 21)*. Pour nous, les inconnues du pro-

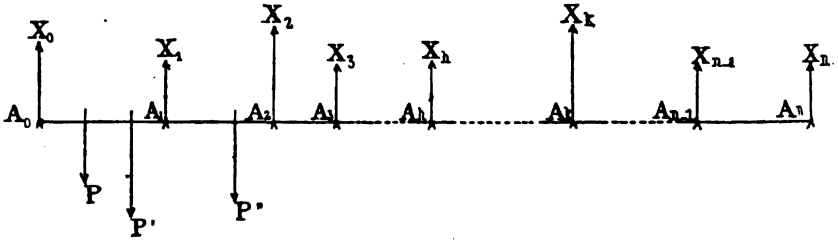


FIG. 21.

blème sont les réactions $X_0, X_1, X_2 \ldots X_{n+1}, X_n$ des appuis. Les deux équations d'équilibre fournies par la statique pure, à savoir l'équation de projection et l'équation des moments, permettront de déterminer deux de ces réactions lorsque seront déterminées les $n-1$ autres. Il nous faut donc trouver $n-1$ équations pour calculer ces dernières.

Lorsque la poutre n'est pas chargée, elle repose sur deux appuis au moins, par exemple, sur les deux appuis A_h et A_k. Désignons les dénivellations des autres appuis, par rapport à la ligne droite qui joint A_h et A_k, par $\delta_0, \delta_1, \delta_2, \ldots \delta_{h-1}, \delta_{h+1} \ldots \delta_{k-1}, \delta_{k+1} \ldots \delta_{n-1}, \delta_n$. Parmi ces dénivellations données quelques unes peuvent être nulles.

Ceci posé, considérons la poutre comme une poutre droite simple posée sur les deux appuis A_h et A_k et traçons pour cette poutre :

1° La ligne moyenne fléchie pour les seules charges P, P', P'', etc.;

2° La ligne moyenne fléchie pour une charge unique appliquée en A_0, suivant X_0, de R *kgs* par exemple;

3° La ligne moyenne fléchie pour une charge unique appliquée en A_1, suivant X_1, de R *kgs* également;

4° La ligne moyenne fléchie pour une charge unique appliquée en A_2, suivant X_2, de R *kgs* aussi;

Et ainsi de suite pour chaque force $X_3, X_4, \ldots\ldots X_{h-1}, X_{h+1}\ldots\ldots X_{k-1}, X_{k+1}\ldots\ldots X_{n-1}, X_n$, supposée égale à R *kgs*. En tout nous traçons donc n lignes moyennes fléchies, c'est-à-dire n polygones funiculaires des forces $\frac{M}{EI}\,dx$ relatives à chaque cas considéré (*).

L'épure faite, il est facile de mesurer à l'échelle les quantités proportionnelles aux déplacements verticaux subis dans chaque cas par les points $A_0, A_1, A_2, \ldots\ldots A_{h-1}, A_{h+1}, \ldots\ldots A_{k-1}, A_{k+1}\ldots A_{n-1}, A_n$. Nous désignerons ces quantités, en grandeur et en signe, par :

$(v_0)_P \quad (v_1)_P \quad (v_2)_P \quad \ldots\ldots\ldots \quad (v_n)_P$ pour le 1er cas,

$(v_0)_0 \quad (v_1)_0 \quad (v_2)_0 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (v_n)_0$ — 2e —

$(v_0)_1 \quad (v_1)_1 \quad (v_2)_1 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (v_n)_1$ — 3e —

. . . . . .

. . . . . .

$(v_0)_n \quad (v_1)_n \quad (v_2)_n \quad \ldots\ldots\ldots \quad (v_n)_n$ pour le $n^{ième}$ cas.

Lorsque les forces P, P', P'', etc., et les réactions $X_0, X_1 \ldots\ldots X_n$ agissent toutes ensemble sur la poutre $A_h A_k$, les déplacements verticaux des points $A_0, A_1, A_2 \ldots\ldots A_{h-1}, A_{h+1} \ldots\ldots A_{k-1}, A_{k+1} \ldots\ldots A_n$ sont respectivement $\delta_0, \delta_1, \delta_2 \ldots\ldots \delta_{h-1}, \delta_{h+1} \ldots\ldots \delta_{k-1}, \delta_{k+1} \ldots\ldots \delta_n$. Nous avons donc, par application du principe de l'indépendance des effets des forces et de la proportionnalité des effets aux forces, les équations suivantes :

$$\delta_0 = (v_0)_P + \frac{(v_0)_0 X_0}{R} + \frac{(v_0)_1 X_1}{R} + \frac{(v_0)_2 X_2}{R} + \ldots\ldots$$

$$\delta_1 = (v_1)_P + \frac{(v_1)_0 X_0}{R} + \frac{(v_1)_1 X_1}{R} + \frac{(v_1)_2 X_2}{R} + \ldots\ldots$$

. . . . . .

(*) Voir la note II de l'appendice de la première partie de ce mémoire.

$$\delta_{k-1} = (v_{k-1})_p + \frac{(v_{k-1})_0 X_0}{R} + \frac{(v_{k-1})_1 X_1}{R} + \frac{(v_{k-1})_2 X_2}{R} + \dots\dots$$

$$\delta_{k+1} = (v_{k+1})_p + \frac{(v_{k+1})_0 X_0}{R} + \frac{(v_{k+1})_1 X_1}{R} + \frac{(v_{k+1})_2 X_2}{R} + \dots\dots$$

$$\delta_n = (v_n)_p + \frac{(v_n)_0 X_0}{R} + \frac{(v_n)_1 X_1}{R} + \frac{(v_n)_2 X_2}{R} + \dots\dots$$

Ces $n-1$ équations du premier degré sont celles qui nous permettent d'obtenir les $n-1$ réactions que nous cherchions. On les résoudra analytiquement.

POUTRES CONTINUES EN ARCS S'ARC-BOUTANT

Nous avons défini, dans le *Génie civil* du 6 juillet 1889, les poutres continues en arcs s'arc-boutant de la manière suivante :

« Nous entendons par poutre continue en arcs s'arc-boutant une poutre continue reposant sur n appuis, de niveau ou non, mais dont les travées sont courbes au lieu d'être droites. Les appuis intermédiaires sont des plans horizontaux ; les appuis extrêmes peuvent être simples ou encastrés dans les culées. »

Soit $A_0 A_1 \dots\dots A_n$ une poutre continue en arcs s'arc-boutant posée sur $n+1$ appuis de niveau ou non, encastrée ou non à ses extrémités A_0 et A_n, et soumise à l'action de charges verticales

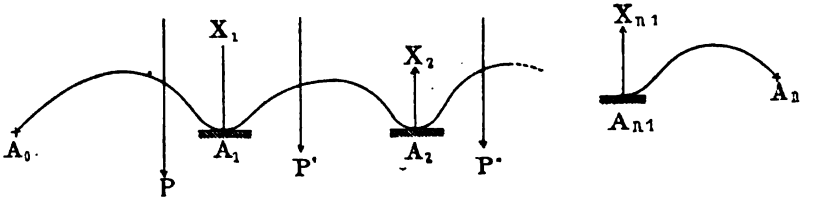


FIG. 2.

données P, P', P''..... *(fig. 22)*. Les inconnues du problème sont pour nous les réactions $X_1, X_2 \dots\dots X_{n-1}$ des appuis intermé-

diaires. Une fois ces réactions connues, on peut considérer la poutre, au point de vue du calcul, comme un arc ordinaire soumis à l'action de forces connues. Les appuis $A_1, A_2 \ldots A_{n-1}$ peuvent être dénivelés de quantités données $\delta_1, \delta_2 \ldots \delta_{n-1}$. Nous supposerons la poutre simplement posée sur les appuis extrêmes A_0 et A_n et, pour cette poutre, comme précédemment dans le calcul de la poutre continue droite, nous tracerons successivement :

1° Le polygone funiculaire des forces $\frac{M}{EI} ds$ pour les seules charges P, P', P'', etc., c'est-à-dire le polygone dont les ordonnées représentent les déplacements élastiques verticaux de la poutre (1).

2° Le polygone funiculaire des forces $\frac{M}{EI} ds$ pour une charge unique appliquée en A_1, suivant X_1, de R *kgs* par exemple;

3° Le polygone funiculaire des forces $\frac{M}{EI} ds$ pour une charge unique appliquée en A_2, suivant X_2, de R *kgs* également ;

Et ainsi de suite pour chaque force $X_3, X_4 \ldots X_{n-1}$ supposée égale à R *kgs*. En tout *n* polygones à tracer.

Pour pouvoir effectuer le tracé de ces lignes, il est nécessaire de connaître les moments fléchissants, et pour connaître ceux-ci il faut d'abord trouver la valeur de la poussée. Il sera commode de tracer la ligne de poussée de l'arc $A_0 A_n$, abstraction faite des appuis intermédiaires, pour un poids mobile de R *kgs*. Cette ligne donnera immédiatement la valeur de la poussée dans chacun des *n* cas ci-dessus.

L'épure des polygones funiculaires des forces $\frac{M}{EI} ds$ terminée, il restera à écrire et à résoudre $n - 1$ équations absolument analogues aux $n - 1$ équations que nous avons écrites dans le cas de la poutre droite continue.

ARCS AVEC POINTS D'APPUI INTERMÉDIAIRES

Nous considérons un arc $A_0 A_n$ *(fig. 23)* avec points d'appui intermédiaires formés par des plans horizontaux $A_1, A_2, \ldots A_{n-1}$.

Il est clair que cet arc peut être calculé exactement de la même

(1) Voir la note III de l'appendice de la première partie de ce mémoire.

manière que la poutre en arcs s'arc-boutant que nous avons considérée plus haut.

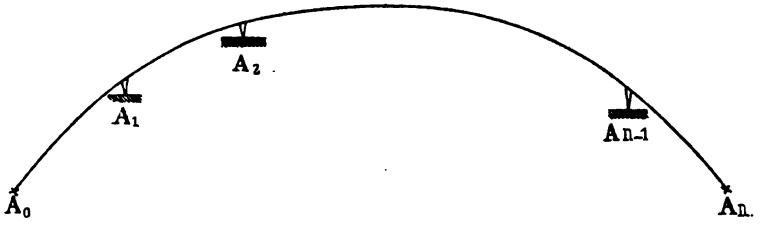


FIG. 23.

ARCS RELIÉS A DES POUTRES CONTINUES

Soit $A_0 A_n$ un arc posé avec ou sans encastrement sur deux appuis de niveau *(fig. 24)*. Cet arc est relié au moyen de montants

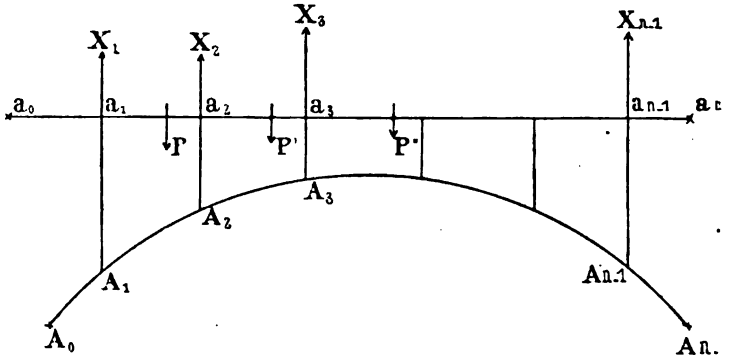


FIG. 24.

verticaux $A_1 a_1$, $A_2 a_2$ . . . . . $A_{n-1} a_{n-1}$ à une poutre continue droite $a_0 a_1$ . . . . . a_n dont les extrémités sont simplement posées sur les culées ou encastrées dans celles-ci. Cette poutre est soumise à l'action des charges verticales P, P', P'', ... etc. Nous nous proposons de calculer les réactions X_1, X_2, X_3 . . . . . X_{n-1} des appuis de la poutre continue. Il est clair que, lorsque ces réactions sont connues, la poutre $a_0 a_n$ peut être regardée comme une poutre simple soumise à l'action des forces P, et l'arc $A_0 A_n$ comme un arc ordinaire soumis à l'action de forces de grandeurs X_1, X_2, X_3 . . . . . et dirigées de haut en bas en général. Toute la difficulté se trouve donc renfermée dans la détermination de ces forces X.

Considérons l'arc $A_0 A_n$ séparé de la poutre continue et traçons pour cet arc :

1° Le polygone funiculaire des forces $\frac{M}{EI}ds$ pour une force appliquée au point A_1, dirigée en sens inverse de X_1, et égale à R *kgs* par exemple. Les ordonnées de ce polygone représentent à une échelle déterminée les déplacements verticaux de la poutre;

2° Le polygone funiculaire des forces $\frac{M}{EI}ds$ pour une force appliquée au point A_2, dirigée en sens inverse de X_2, et égale encore à R *kgs*;

3° Le polygone funiculaire des forces $\frac{M}{EI}ds$ pour une force appliquée au point A_3, dirigée en sens inverse de X_3, et de valeur R *kgs*.

Et ainsi de suite jusqu'au point A_{n-1}. En tout nous traçons donc $n-1$ polygones. Pour pouvoir effectuer ces tracés il faut connaître les moments fléchissants dans chaque cas, et par conséquent la poussée. Il sera donc commode de tracer la ligne de poussée pour un poids mobile de R *kgs*. Cette ligne donnera immédiatement la valeur de la poussée dans chacun des $n-1$ cas ci-dessus.

Considérons maintenant la poutre continue $a_0\,a_n$ séparée de l'arc et traçons, pour cette poutre qui repose sur ses extrémités a_0 et a_n seulement :

1° La ligne moyenne fléchie pour les forces P, P', P''.....

2° La ligne moyenne fléchie pour une force appliquée au point a_1, dirigée dans le sens de X_1, et égale à R *kgs* par exemple.

3° La ligne moyenne fléchie pour une force appliquée au point a_2, dirigée dans le sens de X_2, et égale encore à R *kgs*;

4° La ligne moyenne fléchie pour une force appliquée en a_3, dirigée dans le sens de X_3, et égale aussi à R *kgs*.

Et ainsi de suite jusqu'au point a_{n-1}.

Toutes ces lignes sont, comme nous l'avons montré, des polygones funiculaires des forces $\frac{M}{EI}dx$.

Si nous négligeons la compression des montants $A_1\,a_1$, $A_2\,a_2$ ..... $A_{n-1}\,a_{n-1}$, nous pouvons dire que les points de l'arc et de la poutre continue situées aux extrémités d'un même montant se déplacent verticalement de la même quantité. C'est en exprimant ce fait que nous obtiendrons les $n-1$ équations qui déterminent les inconnues X_1, X_2..... X_{n-1}.

Désignons par :

$$(V_1)_1\ (V_2)_1\ (V_3)_1 \cdots\cdots (V_{n-1})_1$$

les déplacements verticaux respectifs des points $A_1 A_2 A_3 \ldots . A_{n-1}$ de l'arc produits par la force R appliquée au point A_1 ;

Par :

$$(V_1)_2 \, (V_2)_2 \ldots . (V_{n-1})_2$$

les déplacements des mêmes points produits par la force R appliquée au point A_2 ;

Et ainsi de suite jusqu'à :

$$(V_1)_{n-1} \, (V_2)_{n-1} \ldots . (V_{n-1})_{n-1}$$

représentant les déplacements des points A_1, $A_2 \ldots . A_{n-1}$ produits par la force R appliquée au point A_{n-1}.

Désignons d'autre part par :

$$(v_1)_p \quad (v_2)_p \quad (v_3)_p \ldots \ldots \ldots (v_{n-1})_p$$

les déplacements verticaux respectifs des points $a_1 a_2 a_3 \ldots . a_{n-1}$ de la poutre continue $a_0 a_n$ produits par les charges P ;

Par :

$$(v_1)_1 \quad (v_2)_1 \ldots \ldots \ldots (v_{n-1})_1$$

les déplacements des mêmes points, en grandeur et en signe, produits par la force R appliquée en a_1 ;

Par :

$$(v_1)_2 \quad (v_2)_2 \ldots \ldots \ldots (v_{n-1})_2$$

les déplacements produits par la force R appliquée en a_2. Et ainsi de suite jusqu'à :

$$(v_1)_{n-1} \quad (v_2)_{n-1} \ldots \ldots : (v_{n-1})_{n-}$$

représentant les déplacements des points $a_1 a_2 \ldots . a_{n-1}$, produits par la force R appliquée au point a_{n-1}.

Nous pouvons alors écrire :

$$\frac{(V_1)_1 X_1}{R} + \frac{(V_1)_2 X_2}{R} + \ldots \ldots + \frac{(V_1)_{n-1} X_{n-1}}{R}$$

$$= (v_1)_p + \frac{(v_1)_1 X_1}{R} + \frac{(v_1)_2 X_2}{R} + \ldots . + \frac{(v_1)_{n-1} X_{n-1}}{R}$$

$$\frac{(V_2)_1 X_1}{R} + \frac{(V_2)_2 X_2}{R} + \ldots \ldots \ldots + \frac{(V_2)_{n-1} X_{n-1}}{R}$$

$$= (v_2)_p + \frac{(v_2)_1 X_1}{R} + \frac{(v_2)_2 X_2}{R} + \ldots . + \frac{(v_2)_{n-1} X_{n-1}}{R}$$

et ainsi de suite jusqu'à :

$$\frac{(V_{n-1})_1 X_1}{R} + \frac{(V_{n-1})_2 X_2}{R} + \ldots \ldots + \frac{(V_{n-1})_{n-1} X_{n-1}}{R}$$

$$= (v_{n-1})_p + \frac{(v_{n-1})_1 X_1}{R} + \frac{(v_{n-1})_2 X_2}{R} + \ldots + \frac{(v_{n-1})_{n-1} X_{n-1}}{R}$$

Ces équations du premier degré expriment l'égalité des déplacements verticaux des points de l'arc et de la poutre continue qui sont situés aux extrémités d'un même montant et sont celles qui fournissent les valeurs des inconnues cherchées $X_1\ X_2 \ldots\ X_{n-1}$.

POUTRES CONTINUES EN ARCS S'ARC-BOUTANT RELIÉES A DES POUTRES CONTINUES DROITES

Le problème, qui consiste à déterminer les valeurs des réactions $X_1\ X_2 \ldots\ X_{n-1}$ *(fig. 25)* se résoud évidemment d'une manière

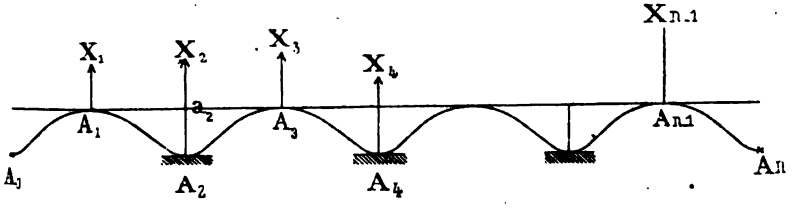


Fig. 25.

identique à celle employée précédemment pour l'arc ordinaire réuni à une poutre continue droite. Il n'y a que cette différence que les points A_2, A_4..... de l'arc ne se déplacent pas verticalement ou se déplacent dans ce sens de quantités données à l'avance, de même que les points correspondants a_2, a_4..... de la poutre droite. Cette différence au point de vue de l'effet produit par des charges n'en est pas une au point de vue du calcul, en sorte que le raisonnement précédent est ici applicable en entier.

Il serait également applicable s'il s'agissait du calcul d'un arc avec appuis intermédiaires, comme celui de la fig. 23, qui serait relié à une poutre continue droite.

Application.

CALCUL D'UN ARC RELIÉ A UNE POUTRE CONTINUE

Nous nous proposons, comme application de la méthode que nous venons d'exposer, de calculer un arc A_0A_4 qui fournit à une poutre droite continue a_0a_4, à laquelle il est relié, trois points d'appui susceptibles de déplacements verticaux a_1, a_2, a_3 *(fig. 26)*.

L'arc a une portée de 150,00 *m* et repose sur rotules. Nous ferons le calcul des réactions X_1, X_2, X_3 des appuis a_1, a_2, a_3 dans l'hypothèse d'une charge régnant sur la moitié de la portée totale

$a_0 a_4$ de la poutre droite, charge uniformément répartie ayant pour valeur 3 000 *kg* par mètre courant.

Nous prenons pour réaction hypothétique R, commune aux trois points d'appui a_1, a_2, a_3 la valeur 100 000 *kg*. Nous traçons alors la ligne de poussée de l'arc en supposant son moment d'inertie I constant. Cela nous permet de calculer les poussées produites séparément par $X_1 = R = 100\,000$ et $X_2 = R = 100\,000$. La poussée produite par $X_3 = R = 100\,000$ est la même que celle produite par X_1.

Nous avons :

Poussée produite par $X_1 = R$ ou $X_3 = R$:

$$q = 100\,000 \times \frac{\beta\alpha}{2\,A\alpha}$$

$$= 100\,000 \times \frac{10{,}8}{2 \times 9{,}4} = 57\,446 \text{ } kg.$$

Poussée produite par $X_2 = R = 100\,000$:

$$q = 100\,000 \times \frac{A\gamma}{2\,A\alpha}$$

$$= 100\,000 \times \frac{16}{2 \times 9{,}4} = 85\,106 \text{ } kg.$$

Ces poussées connues, nous traçons les polygones des pressions 1 et 2 qui nous fournissent les valeurs des moments fléchissants hypothétiques dans l'arc. De ces moments, nous avons déduit les polygones funiculaires 1′ et 2′, tracés avec une distance polaire de 5 *cm*. Ce sont ces polygones qui déterminent les déplacements élastiques verticaux.

Pour la poutre droite nous avons tracé d'abord le polygone 3 des moments fléchissants dus à la charge seulement, puis les polygones 1 et 2 des moments dus aux réactions $X_1 = R$ et $X_2 = R$. Ces polygones ont été tracés avec une distance polaire de 2 *cm* ou 200 000 *kg*. Les polygones des déplacements élastiques 1′, 2′, 3′, correspondant aux polygones des moments 1, 2 et 3 ont été tracés, comme les polygones 1′ et 2′ relatifs à l'arc, avec une distance polaire de 5 *cm*. Nous n'aurons donc pas à tenir compte de cette distance polaire dans les équations du problème.

Ces équations, d'après la théorie générale, sont les suivantes :

$$(g)\begin{cases}\dfrac{(V_1)_1 X_1}{R}+\dfrac{(V_1)_2 X_2}{R}+\dfrac{(V_1)_3 X_3}{R}=(v_1)_P+\dfrac{(v_1)_1 X_1}{R}+\dfrac{(v_1)_2 X_2}{R}+\dfrac{(v_1)_3 X_3}{R}\\ \dfrac{(V_2)_1 X_1}{R}+\dfrac{(V_2)_2 X_2}{R}+\dfrac{(V_2)_3 X_3}{R}=(v_2)_P+\dfrac{(v_2)_1 X_1}{R}+\dfrac{(v_2)_2 X_2}{R}+\dfrac{(v_2)_3 X_3}{R}\\ \dfrac{(V_3)_1 X_1}{R}+\dfrac{(V_3)_2 X_2}{R}+\dfrac{(V_3)_3 X_3}{R}=(v_3)_P+\dfrac{(v_3)_1 X_1}{R}+\dfrac{(v_3)_2 X_2}{R}+\dfrac{(v_3)_3 X_3}{R}\end{cases}$$

Les différentes valeurs de V et v sont, d'après les tracés effectués, les suivantes :

$$(V_1)_1 = +\overset{ab}{6,5}\times 57446\times\frac{\Delta s}{EI}$$

$$(V_2)_1 = -\overset{cd}{7}\times 57446\times\frac{\Delta s}{EI}$$

$$(V_3)_1 = -\overset{ef}{13}\times 57446\times\frac{\Delta s}{EI}$$

$$(V_1)_2 = -\overset{a'b'}{1,5}\times 85106\times\frac{\Delta s}{EI}$$

$$(V_2)_2 = \overset{c'd'}{3,2}\times 85106\times\frac{\Delta s}{EI}$$

$$(V_3)_2 = -\overset{e'f'}{1,4}\times 85106\times\frac{\Delta s}{EI}$$

$$(V_1)_3 = -\overset{ef}{13}\times 57446\times\frac{\Delta s}{EI}$$

$$(V_2)_3 = -\overset{cd}{7}\times 57446\times\frac{\Delta s}{EI}$$

$$(V_3)_3 = \overset{ab}{6,5}\times 57446\times\frac{\Delta s}{EI}$$

$$(v_1)_P = \overset{gh}{50,5}\times 200000\times\frac{\Delta x}{E'I'}$$

$$(v_2)_P = \overset{ij}{69}\times 200000\times\frac{\Delta x}{E'I'}$$

$$(v_3)_P = \overset{kl}{42}\times 200000\times\frac{\Delta x}{E'I'}$$

$$(v_1)_1 = -\overset{g'h'}{24}\times 200000\times\frac{\Delta x}{E'I'}$$

$$(v_2)_1 = -\overset{i'j'}{30,5}\times 200000\times\frac{\Delta x}{E'I'}$$

$$(v_3)_1 = -\overset{k'l'}{18,5}\times 200000\times\frac{\Delta x}{E'I'}$$

$$(v_1)_2 = -\overset{g''h''}{33} \times 200\,000 \times \frac{\Delta x}{E'I'}$$

$$(v_2)_2 = -\overset{i''j''}{50,5} \times 200\,000 \times \frac{\Delta x}{E'I'}$$

$$(v_3)_2 = -\overset{k''l''}{33} \times 200\,000 \times \frac{\Delta x}{E'I'}$$

$$(v_1)_3 = -\overset{k'l'}{18,5} \times 200\,000 \times \frac{\Delta x}{E'I'}$$

$$(v_2)_3 = -\overset{i'j'}{30,5} \times 200\,000 \times \frac{\Delta x}{E'I'}$$

$$(v_3)_3 = -\overset{g'h'}{24} \times 200\,000 \times \frac{\Delta x}{E'I'}$$

Nous supposerons l'arc et la poutre droite de même élasticité longitudinale et de même moment d'inertie, c'est-à-dire $E = E'$, $I = I'$. D'ailleurs, sensiblement, nous avons $\Delta s = \Delta x$, la portée $a_0 a_4$ de la poutre droite étant supérieure à celle de l'arc. En portant dans les équations (g) les valeurs de V et de v, il vient, après réduction :

$$\begin{aligned} 51{,}731\,X_1 + 64{,}724\,X_2 + 29{,}538\,X_3 &= 10\,100\,000 \\ 56{,}982\,X_1 + 103{,}723\,X_2 + 56{,}982\,X_3 &= 13\,800\,000 \\ 29{,}538\,X_1 + 64{,}809\,X_2 + 51{,}731\,X_3 &= 8\,400\,000 \end{aligned}$$

Les racines de ces équations sont :

$$\begin{aligned} X_1 &= 122\,950 \\ X_2 &= 36\,640 \\ X_3 &= 46\,350 \end{aligned}$$

Telles sont les réactions des appuis a_1, a_2, a_3

RAPPORT

DE LA SECTION (1) CHARGÉE PAR LA SOCIÉTÉ

D'ÉTUDIER

LE MATÉRIEL FIXE DES CHEMINS DE FER

A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1889

PAR

M. Ch. TACONNET

Préambule.

Une très grande publicité ayant été donnée à tout le matériel des chemins de fer figurant à l'Exposition de 1889 par les journaux industriels, les membres de la Section qui a été chargée de cette étude, en ce qui concerne le matériel fixe, ont pensé qu'il n'était pas utile de rentrer dans tous les détails de cette exposition et de donner de longues descriptions de tous les appareils exposés; une nomenclature de tous ces objets et une description très sommaire ont paru suffisantes. On trouvera, du reste, des renseignements plus précis dans la *Revue générale des Chemins de fer*, dans le tome XV du *Génie civil* et enfin dans les notices des Compagnies déposées à la Société.

Nous avons divisé notre travail en huit chapitres, et dans chaque chapitre nous avons fait une division par paragraphes; chacun de ces derniers s'appliquant aux objets exposés par une même Compagnie.

(1) La Section chargée par la Société de l'étude du matériel fixe à l'Exposition universelle de 1889 était composée de M. H. Mathieu, président; — Membres : MM. Bouissou, Contamin, Carimantrand, Hallopeau, Forest, — et Taconnet, secrétaire-rapporteur.

CHAPITRE PREMIER

Voies et accessoires.

§ 1er. — Compagnie de l'Est. — 1° *Voie en rails Vignole pesant 44,200 kg le mètre courant.* — Le rail exposé par la Compagnie de l'Est a une hauteur de 141 *mm*, une largeur au patin de 130 *mm* et 60 *mm* de hauteur de champignon. Cette hauteur est comptée entre la tangente horizontale à la face supérieure du rail et le point d'intersection sur l'axe du rail, des deux lignes prolongeant les plans inclinés des éclissages supérieurs. Les éclisses sont à patin, et le rail repose sur les traverses par l'intermédiaire de semelles en feutre.

2° *Traverses métalliques.* — Ces traverses ont la forme d'un fer en ⊔ dont les bouts sont rabattus verticalement de façon à empêcher le déplacement latéral. Ces traverses une fois posées, disparaissent complètement dans le ballast.

§ 2. — État. — *Voies entièrement métalliques* (traverse système Vautherin). — L'Administration des Chemins de fer de l'État expose une voie entièrement métallique, constituée par un rail reposant sur des traverses Vautherin par l'intermédiaire de coussinets en fonte. Cette traverse pèse 57,850 *kg* et est percée, à l'emplacement des coussinets, de trous recevant des saillies, venues de fonte à la base des coussinets, de façon à empêcher les boulons de fixation de travailler au cisaillement. Le coin en bois est remplacé par un coin en acier, système David. Ce coin est constitué par une bande en acier enroulée de façon à donner une forme semblable à celle du coin en bois; il s'emploie comme ce dernier, et sa trempe est telle que le serrage se fait parfaitement, tout en laissant une certaine élasticité à la voie.

§ 3. — Compagnie du Midi. — *Divers éléments constitutifs de la voie courante actuelle.* — Le rail est en acier, à double champignon, et repose sur les traverses, par l'intermédiaire de coussinets, fixés aux traverses par des tirefonds en fer galvanisé. Les coussinets pèsent 14,500 *kg;* la longueur des rails est de 11 *m.*

§ 4. — Compagnie du Nord. — *Voie en rails Vignole pesant 43,215 kg le mètre courant.* — Ce rail a 142 *mm* de hauteur, 134 *mm* de lar-

geur de patin, 50 *mm* de hauteur de champignon, mesuré comme il est dit plus haut, et 12 *m* de longueur. Il repose sur les traverses par l'intermédiaire de semelles en feutre goudronné ; les extrémités des éclisses portent des encoches qui viennent buter contre les têtes des tirefonds, qui ont, à cet effet, une forme spéciale, empêchant ainsi le cheminement de la voie.

L'espacement des traverses varie suivant la vitesse des trains qui circulent sur la voie, à l'exception des traverses de joint dont l'espacement invariable est de 700 *mm* d'axe en axe.

La Compagnie du Nord fait figurer à l'Exposition, une pose de voie sur traverses, munies à chaque extrémité d'un plateau de 0,40 *m* à 0,45 *m* de côté sous l'aplomb des rails, de façon à en répartir la pression sur une plus grande surface de ballast. Les traverses établies de part et d'autre de chaque joint sont reliées aux abouts par des planchettes verticales créant une résistance au déplacement latéral de la voie.

§ 5. — Compagnie de l'Ouest. — *Voie métallique renforcée, en rails de 44 kg le mètre courant.* — Les traverses sont en acier; elles ont la forme d'un fer en ⊔ renversé. Le rail pèse 44 *kg* et a 142 *mm* de hauteur. Il est en acier à champignons dissymétriques. Ce rail est fixé aux traverses par l'intermédiaire de coussinets en fonte avec coins en acier du système David déjà décrit (§ 2, État). Les coussinets sont fondus sur les traverses; ils ont la forme d'un manchon qui embrasse complètement la traverse; des trous sont percés dans celle-ci, et la fonte coulée dans ces trous empêche tout déplacement du coussinet. Le retrait de la fonte fixe énergiquement le coussinet sur la traverse. Au moment de la coulée, on chauffe au rouge la partie de la traverse qui doit être recouverte par la fonte. Cette traverse pèse 110 *kg*, dont 60 *kg* d'acier et 50 *kg* de fonte, et coûte 14 *f* environ.

Les rails ont 12 *m* de longueur et reposent sur 18 traverses.

Cette voie est employée dans les parties les plus fatiguées du réseau et pèse environ 260 *kg* le mètre courant.

2° *Voie consolidée en rails Vignole.* — Cette voie a été, au début, employée dans les courbes de petit rayon ou dans les fortes déclivités, tout en conservant un rail de 30 *kg* le mètre courant. La pose de la voie se fait sur coussinets en fonte, sauf sur les traverses de joint ; ces joints sont munis d'éclisses à patin à l'intérieur, et reçoivent deux tirefonds sur chaque traverse. Ces tire-

fonds s'opposent au cheminement de la voie. Cette voie consolidée pèse 192,800 *kg* le mètre courant, bien que le rail n'en pèse que 30.

§ 6. — Compagnie du P.-L.-M. — *Voie en rails de 45 kg le mètre courant, éclisses, selles et traverses.* — La Compagnie P.-L.-M. expose des rails de 34 et 39 *kg*, avec éclissages en porte à faux, semblables aux rails de 47 *kg* le mètre courant, avec éclisses cornières et selles à talon. Le rail de 47 *kg* le mètre courant est en acier; il a 142 *mm* de hauteur, 130 *mm* de patin et 66 *mm* de hauteur de champignon, mesuré comme il est dit ci-dessus. La paire d'éclisses cornières pèse, avec ses boulons, 20 *kg* environ. Cette dernière voie est employée sur les lignes à petit rayon et à grandes déclivités, ou sur les lignes à grande circulation, telle que Paris-Lyon-Marseille.

2° *Appareil servant à mesurer le mouvement des rails.* — Cet appareil, imaginé par M. Coüard, peut se diviser en deux parties : la première, qui est basée sur les vibrations des rails ou des traverses, transmises à un stylet par les vibrations de l'air; la seconde, qui enregistre électriquement ces vibrations. Un soufflet est appliqué contre le rail ou la traverse; les vibrations de l'air dans ce soufflet sont transmises à un second soufflet par un tube en caoutchouc; celui-ci porte un stylet qui écrit sur une plaque enduite de noir de fumée. Les vibrations du stylet sont transmises par un diapason, système Déprez. Une pédale qui s'abaisse au passage du train indique la vitesse de ce train en ce point de la voie.

§ 7. — Sud de la France. — *Voies étroites en rails de 25 et 23 kg le mètre courant.* — Cette Compagnie expose un rail de 25 *kg* le mètre courant, pour voie de 1 *m*, avec éclisses en acier. Le rail a 115 *mm* de hauteur, 100 *mm* de patin, 50 *mm* de largeur de champignon et 36 *mm* de hauteur de champignon. Les éclisses pèsent 5,600 *kg* la paire; les traverses de joint sont espacées de 450 *mm*.

Une seconde voie en rails de 23 *kg* pour chemins de fer sur routes avec courbes de 40 *m* de rayon et rampes de 40 *mm* par mètre. Ces rails ont 111 *mm* de hauteur, 48 *mm* de largeur de champignon et 35 *mm* de hauteur au champignon; la largeur du patin est de 90 *mm*. Les éclisses sont à cornières intérieurement: les traverses ont le même espacement que pour la voie en rails de 25 *kg;* les rails ont 10 *m* de longueur.

§ 8. — Voies diverses pour Tramways. — M. Broca expose son rail à ornière pour tramways; ce rail est à patin, il a l'âme très haute, et son champignon porte une rainure longitudinale pour le passage du boudin des roues. Il a été employé par la Compagnie générale des Omnibus à Paris.

Cette Compagnie expose son nouveau rail, système Marsillon, qui se compose de deux parties indépendantes, symétriques par rapport au plan vertical; une partie sert de rail, la seconde sert de contre-rail. Ces deux parties sont réunies par des cales en fonte reliées par un boulon, et l'ensemble forme un rail à patin. Cette voie repose sur des coussinets, dont la hauteur varie suivant la nature de la chaussée qui doit recevoir la voie, laquelle est noyée dans le sol. La pose est faite sur traverses par l'intermédiaire des coussinets ci-dessus.

§ 9. — Étranger. — *1° Rail Goliath.* — Ce rail est exposé dans la section belge par M. Sandberg. Il est à patin, et pèse 50 *kg* le mètre courant. Il est fixé aux traverses par des sellettes boulonnées à ces dernières. L'État belge l'emploie dans les fortes déclivités.

2° Éclissage Wimby. — M. Wimby expose dans la section anglaise, un système d'éclisses applicable aux rails à champignons inégaux. Ces éclisses emboîtent le rail sur ses deux faces, et donnent au joint une grande solidité.

3° Les chemins de fer de Pensylvanie exposent aussi un rail Vignole de 42 *kg* le mètre courant, qui n'offre rien de particulier.

§ 10. — Voies diverses. — *1° Chemin de fer aérien de MM. Julien Fournier et Broca.* — La voie de MM. Julien Fournier et Broca est une voie Lartigue ou monorail Lartigue, placée sur des colonnes en fer en treillis. Cette voie aérienne n'offre rien de particulier en dehors du monorail.

2° Monorail Lartigue. — M. Lartigue expose une voie à un seul rail placé au-dessus du sol. Toute section faite dans un des supports de la voie donne un triangle isocèle reposant sur sa base et ayant au sommet un rail porteur à champignon; à peu près au milieu de la hauteur de chacun des deux côtés latéraux est fixé un fer plat qui forme rail guide. Les véhicules ont la forme de bâts ayant à leur sommet les roues porteuses et latéralement les galets guides.

3° Voie à fortes rampes. — M. Alesmonières expose une voie

employée sur le chemin de fer funiculaire de Thonon à Brives. Cette voie n'offre rien de particulier, si ce n'est qu'elle comporte une crémaillère pour assurer la sécurité. Les rampes vont à 0,200 *m* et 0,220 *m* par mètre.

4° Dans la section suisse, on remarque le chemin de fer à crémaillère du Pilate. La voie est du système Abel.

§ 11. — Traverses métalliques. — Dans l'énumération suivante, nous nous bornerons à citer quelques-unes des traverses figurant à l'Exposition. Pour les détails, nous renverrons aux intéressantes pablications faites dans les *Bulletins* de la Société par nos collègues, M. Cantagrel, en juillet 1886, et M. Coquerel, en août 1890, et au *Génie Civil*.

Ces traverses sont : les traverses : 1° Berg et March; 2° Bernard; 3° Brunon; 4° Est français; 5° Haarmann; 6° Liveray; 7° Ménans; 8° Poulet et Lavalette; 9° Post; 10° Compagnie P.-L.-M., modèle A.; 11° Compagnie P.-L.-M., modèle B.; 12° Séverac; 13° Uenidl; 14° Vautherin; 15° Webb; 16° Wood. —Voir le *Bulletin* de juillet 1886.

Traverse Montcharmont, décrite par son inventeur dans le *Bulletin* de juillet 1889.

Enfin les traverses : 1° Boyenval et Ponsard; 2° Compagnie Bône à Guelma; 3° Cassier; 4° Delettrez (mode de fixation); 5° État français; 6° de la E. B. B. W. Vale Steel Iron and Coal C^{y} (voie étroite); 7° Grand Central Belge; 8° Gielgud en Angleterre; 9° Helson; 10° Lambert; 11° Compagnie de l'Ouest; 12° Villemin, — dans le *Bulletin* d'août 1890.

Voie Souzée. — Un tablier en tôle ondulée recouvre le ballast; sur ce tablier se trouvent deux cours de fers plats servant de longrines aux rails. Des boulons relient la tôle au fer plat et aux rails.

M. Achille Legrand. expose une traverse analogue à celle de de la voie Decauville.

§ 12. — Compagnie de Bône a Guelma et prolongements. — Cette Compagnie expose :

1° Traverses de 2,50 *m* × 0,24 *m* × 0,14 *m*, en chêne zéen provenant de la forêt des Beni-Salah (Algérie). Ces traverses pèsent 107 *kg*

2° Traverses en chêne zéen provenant de la forêt des Ouchtet-

tas (Tunisie), pesant 95 *kg*. Les chênes qui produisent ces traverses se trouvent dans les régions montagneuses de la Kroumirie, où le sol conserve la fraîcheur ; ils atteignent 25 et 30 *m* de hauteur, et 3 *m* de circonférence. Ils sont d'un bois très dense et poussent rapidement. Ces bois tendent à se déjeter et à se fendre. On diminue cet inconvénient en coupant le bois en hiver.

3° Traverses en hêtre de Croatie, injectées au chlorure de zinc. Les hêtres qui donnent ces traverses poussent dans un sable argileux ; ils ont 60 à 90 ans et, une fois injectés, ces bois deviennent d'une très grande dureté par leur exposition à l'air.

4° Traverses en eucalyptus. Ces bois sont encore à l'essai dans la Compagnie de Bône à Guelma. L'*eucalyptus resinifera* ou red gum, seul, peut être employé à cause de la rectitude de ses fibres. L'*eucalyptus globulus* ou blue gum est inacceptable, ses fibres étant contournées en hélice.

La Compagnie de Bône à Guelma possède dans ses pépinières 800 000 eucalyptus qui, dans quelque temps, pourront donner de bonnes traverses.

5° Traverses métalliques, système Severac, et système Boyenval et Ponsard.

Comparaison entre les éléments de la voie aux différentes Expositions Universelles de 1867, 1878 et 1889.

DATES	TYPE DE RAIL et NATURE DU MÉTAL	POIDS DU RAIL par mètre courant	LONGUEUR normale du RAIL	POIDS du mètre courant DE VOIE	NOMBRE de TRAVERSES par mètre courant	OBSERVATIONS (Le poids des traverses est compté pour 75 *kg* par traverse.)
		kg	*m*	*kg*	T	
EST						
1867.	Double champignon fer. .	35,00	6,00	161	1,33	Joints appuyés.
De 1867 à 1878.	Vignole acier.	30,00	8,00	158	1,25	Joints en porte à faux.
De 1878 à 1889.	—	30,00	8,00	172	1,425	—
		44,20	12,00	167	1,33	—
Rail exposé en 1889. . .	—	44,20	»	»	»	»
MIDI						
1867.	Double champignon fer. .	37,00	5,500	189	1,09	—
De 1867 à 1878.	— acier.	37,6	5,500	186	1,00	—
				204	1,272	—
De 1878 à 1889.	— —	37,6	5,50	186	1,09	—
			11,00	213	1.272	—
NORD						
		37,00	6,00	165	1,33	Joints appuyés.

1867.	Vignole fer.	36,00	5,50	180	1,272	
		36,00	6,00	162	1,33	—
De 1867 à 1878.	Double champignon acier.	38,2	5,50	186	1,09	Joints en porte à faux.
				203	1,271	—
De 1878 à 1889.	— —	38,2	5,50	186	1,09	—
				203	1,272	—

OUEST

1867.	Double champignon fer.	37,50	6,00	187	1,166	—
	— acier.	38,75	6,00	201	1,33	—
De 1867 à 1878.	— —	38,75	8,00	200	1,25	—
	Vignole acier.	38,75	8,00	214	1,25	Les poids des coussinets diffèrent.
De 1878 à 1889.	Double champignon acier.	38,75	8,00	203	1,25	Joints en porte à faux ; les poids des coussinets diffèrent.
				216	1,25	
	Vignole acier.	30,00	8,00	174	1,125	Joints en porte à faux.
				187	1,25	
Rail exposé en 1889.	Double champignon dissymétrique en acier.	44,00	»	»	»	»

PARIS-LYON-MÉDITERRANÉE

1867.	Vignole. fer.	36,00	6,00	155	1,16	Joints appuyés.
	Vignole. acier.	37,50	6,00	155	1,16	—
	— —	40,00	6,00	183	1,33	Joints en porte à faux.
De 1867 à 1878.	— —	38,40	6,00	183	1,33	—
	— —	33,00	8,00	148	1,00	—
				177	1,425	—
	— —	38,88	6,00	»	1,33	—
			8,00	187	1,25	—
			10,00	182	1,20	—
De 1878 à 1889.	— —	34,20	6,00	»	1,33	—
			8,00	177	1,25	—
			10,00	171	1,20	—
Rail exposé en 1889.	— —	47,00	»	»	»	»

Résumé.

De l'examen détaillé des diverses voies et accessoires dont il est parlé dans ce chapitre, il ressort que la préoccupation de toutes les Compagnies de chemins de fer est le renforcement de la voie. Elles y arrivent en augmentant le poids des rails, et en interposant entre ceux-ci et les traverses des sellettes métalliques ou des coussinets dont le poids va toujours croissant. Les éclisses suivent cette augmentation de poids ; souvent elles affectent la forme de cornière, dont l'aile horizontale est quelquefois fixée aux traverses. Ces cornières donnent une très grande résistance dans le sens traversal du joint ; leur poids atteint 20 *kg* la paire. Les attaches, elles aussi, vont en augmentant de poids, de solidité, et de nombre par traverse. Les crampons sont remplacés par des tirefonds filetés. Certains sont filetés à froid ; mais on peut remarquer que les Compagnies commencent à employer les tirefonds filetés à chaud, non par étampage, mais mieux par filetage en faisant passer le tirefond dans des molettes *ad hoc*.

Dans ce travail, les tirefonds se couvrent d'une couche d'oxyde noir qui préserve le tirefond.

La longueur des rails a été aussi augmentée. Elle varie aujourd'hui de 10 à 12 *m*. Le poids du rail a augmenté de un quart à un tiers du poids des anciens rails. *(Voir le tableau ci-contre.)*

Les diverses Compagnies et les industriels ont exposé des traverses métalliques, essayées depuis quelques années, dans le but de substituer le métal au bois ; mais, jusqu'ici on peut dire qu'aucune Compagnie française, sauf dans des cas tout à fait spéciaux, n'a adopté la traverse métallique. Ces dernières ne sont employées sur une grande échelle qu'aux colonies.

Enfin, la Compagnie de Bône à Guelma expose des traverses d'essences spéciales, qui offrent un grand intérêt pour les constructions coloniales.

CHAPITRE II

Appareils de sécurité. — Signaux et enclenchements. Block System.

§ 1er. — Compagnie de l'Est. — 1° *Signal carré avec appareil de raccordement à plusieurs transmissions.* — Ce signal n'offre rien de particulièrement saillant au point de vue de son fonctionnement; mais il est muni d'un contrôleur destiné à faire voir au poste s'il a bien fonctionné. A cet effet, il porte un verre bleu mobile autour d'un axe horizontal et muni d'un taquet qui rencontre le voyant du signal dans son mouvement de rotation; le déplacement de ce taquet fait placer le verre bleu devant le feu blanc, quand le feu rouge est bien visible. Lorsqu'on met le signal à voie libre, le buttoir est abandonné par le voyant et le verre bleu s'abaisse, laissant le feu blanc visible.

2° *Balancier de désengagement d'un signal.* — Le balancier exposé par la Compagnie de l'Est s'applique à un signal commandant deux directions et dont chacune d'elles est donnée par un poste distinct. Dans ce cas, si l'un des postes fait l'aiguille, celle-ci étant solidaire du balancier, engage ou désengage la transmission correspondante au deuxième poste, suivant la direction donnée à l'aiguille par le premier.

3° *Désengageur à pédale pour fermeture automatique des signaux.* — Le désengageur exposé par la Compagnie de l'Est est basé sur un principe analogue à celui du désengageur Saxby.

§ 2. — État. — 1° *Potence pour signal de 4 m en rails Vignole et en poutres en treillis.* — L'Administration de l'État expose une potence en treillis pour grandes portées. Ces potences sont employées quand on ne peut placer le mât de signal à gauche de la voie à laquelle il s'adresse. Le voyant est placé à l'extrémité du bras horizontal de la potence et se trouve ainsi à sa place réglementaire par rapport à la voie. La transmission peut être au niveau du sol ou aérienne; le contrepoids de rappel est sur la potence. On accède au signal par une échelle, le bras horizontal de cette potence étant couvert d'un plancher.

2° *Contrôleur Metzger.* — Cet appareil est destiné à donner la position des trains circulant entre deux gares. A cet effet, la voie

est divisée entre ces deux gares en cinq sections par quatre pédales; chaque fois qu'un train passe sur une de ces pédales, il envoie un ou deux courants aux récepteurs à voyant placés dans chaque section. Les deux pédales extrêmes n'envoient qu'un courant, et les deux du milieu en envoient chacune deux. Les voyants apparaissent en jaune pour les trains pairs et en bleu pour les trains impairs. Chaque récepteur porte trois voyants qui, normalement, sont blancs; leur couleur ne change qu'au passage des trains. Une sonnerie faisant partie du système tinte toutes les fois qu'il se passe quelque chose d'anormal sur la ligne, ou quand une des parties des appareils ne fonctionne pas. L'appareil permet la circulation d'un train dans chaque section, tout en donnant les indications relatives à chacune d'elles. Il est appliqué sur les lignes à voie unique.

3° *Appareil Saxby, type État, avec enclenchements électriques.* — Le levier enclencheur peut envoyer deux courants électriques par un double contact avec deux plaques de cuivre. Chacun de ces deux courants est envoyé dans un électro-aimant, dont la palette peut immobiliser le levier de manœuvre dans une position ou dans l'autre. La coulisse à bascule de celui-ci porte à cet effet deux buttoirs à encoches, dans lesquels vient se loger la palette de l'électro-aimant, rendant ainsi ce levier immobilisable.

La construction de l'appareil est faite de telle sorte que les pièces usées ou cassées puissent être remplacées facilement, et aussi de façon qu'on puisse en changer les combinaisons sans difficulté.

4° *Enclenchement Viguier modifié.* — La disposition exposée par l'Administration des Chemins de fer de l'État peut être appliquée à quatre, six ou huit leviers, et elle est faite de telle sorte que chaque partie puisse être démontée facilement, sans nuire au fonctionnement des autres.

5° *Enclenchement économique de signaux, système Gourguechon.* — Toute l'économie de ce système résulte de ce que les leviers sont reliés entre eux par des fils.

§ 3. — Chemins de fer du Midi. — 1°*Appareil de manœuvre de plusieurs signaux par un seul levier.* — Cet appareil, très élémentaire, consiste en un secteur recevant les extrémités des fils correspondant à chacun des signaux. Le levier unique porte une chaîne

fixée à son extrémité ; cette chaîne s'accroche au fil correspondant au signal à manœuvrer, et laisse les autres fils libres.

La Compagnie du Midi expose, en outre, un appareil d'enclenchement de deux disques avec un changement de voie, et un appareil d'enclenchement de trois disques avec un arrêt mobile, pour la description desquels nous renvoyons à la *Notice* de la Compagnie, déposée à la Société.

2° *Appareil d'enclenchement d'un signal fixe avec une aiguille.* — Le levier de manœuvre de l'aiguillage porte un verrou qui rentre dans un coulisseau, fixé lui-même au levier de manœuvre du signal. Les transmissions sont rigides, de façon que le signal ne puisse fonctionner, quand le verrou de l'aiguille n'a pas dégagé le coulisseau. Tout le système est placé au niveau du sol et fait peu de saillie sur la voie.

3° *Appareil d'enclenchement d'un signal fixe avec un arrêt mobile.* — L'arrêt mobile porte une pièce percée de trous, dans lesquels les verroux dépendant des signaux peuvent entrer. Quand cette pièce est baissée, la manœuvre des signaux peut s'effectuer ; si, au contraire, cette pièce est levée, les verroux viennent butter sur des parties pleines et les signaux restent à l'arrêt.

4° *Appareil d'enclenchement conditionnel, à verrou courbe et à table horizontale à 12 leviers.*

5° *Appareil d'enclenchement à verroux courbes, à table verticale, à 20 leviers.* — Ces appareils ne pouvant être décrits sans dessins ou modèles, nous renvoyons aux *Notices* de la Compagnie du Midi. Nous dirons seulement que la courbure des verroux est telle, que ceux-ci se présentent normalement aux tables. Ces dernières sont placées les unes au-dessus des autres. Une table supérieure permet de recevoir les appareils Block System. Une serrure électrique peut être rendue dépendante des signaux.

6° *Appareil de déclenchement pour fermeture automatique des disques, système Lobros.* — Cet appareil est à pédale, comme le disque automoteur Aubine, mais l'enclenchement est à deux leviers. Ces leviers sont mobiles dans le plan vertical et portent à leur extrémité, les fils servant à relier l'appareil au disque et au levier de manœuvre. Sur l'un des leviers est fixé un loquet à contrepoids qui sert à relier celui-ci au second levier par un mentonnet.

Le train, en passant sur la pédale, dégage le loquet et rend alors les deux leviers indépendants.

§ 4. — Compagnie du Nord. — 1° *Signal d'arrêt à montant unique, avec verrou de calage.* — Ce signal d'arrêt est muni d'un verrou destiné à l'empêcher de tourner sous l'action du vent. Le signal et le verrou fonctionnent en même temps par l'action d'un seul fil, dont chaque mouvement produit trois actions distinctes, savoir: décalage, mouvement du disque et recalage dans sa nouvelle position.

2° *Indicateur tournant de bifurcation éclairé par transparence.* — Cet indicateur à voyant vert et blanc peut tourner autour de son axe de façon à venir se placer devant une lanterne de signal très puissante, munie d'un réflecteur spécial pour graduer l'intensité de la lumière en des points différents et la répartir convenablement. La lumière est tamisée par des verres dépolis à l'intérieur, qui donnent le feu blanc; une feuille de verre vert non dépoli se place en avant pour donner le feu vert; afin d'éviter l'infiltration de l'eau entre les verres, on fait un masticage des parois.

Cet indicateur est employé sur les grandes lignes, quand on veut laisser franchir par un train une bifurcation annulée, il permet d'ordonner le ralentissement à volonté par l'apparition du feu vert. Ce signal est assez puissant pour être vu à une distance de 400 *m.*

3° *Indicateur de direction d'aiguille à bras horizontal.* — Cet indicateur se compose d'un mât de signal, avec un support pour deux lanternes placées, l'une à droite, l'autre à gauche du mât. Deux bras assemblés, en forme d'équerre, mobiles autour d'un axe passant par le sommet de l'angle des deux bras, portent à leur extrémité un verre violet. Le mouvement est donné par une transmission rigide, actionnant les aiguilles par l'intermédiaire d'un dispositif de contrepoids permettant d'éviter les chocs dus à une manœuvre brusque. Le bras mobile vient se placer devant la lanterne, du côté opposé à la direction donnée par l'aiguille; il donne la nuit un feu violet.

4° *Indicateur de position d'aiguille en pointe.* — Cet appareil se compose d'une lanterne placée au niveau du sol. Elle est mue par le levier de manœuvre de l'aiguille et présente au train un feu blanc quand l'aiguille est dans sa position normale. Si, au contraire, l'aiguille n'est pas dans sa position, la lanterne présente au train un feu vert.

5° *Voyant de signal d'arrêt sur potence métallique.* — Cette potence

est analogue à celle exposée par l'administration des chemins de fer de l'État et dont la description est faite au paragraphe 2 de ce chapitre.

6° *Compensateur pour transmission de disque à un seul fil.* — Ce compensateur est basé sur le même principe que le compensateur Dujour. Le contrepoids est placé dans un tube enfoncé dans le sol, de façon à être peu élevé et à pouvoir se placer facilement dans les entrevoies réduites.

7° *Appareil d'enclenchement à cinq leviers.* — Cet appareil est remarquable par le peu de place qu'il occupe. Il renferme cinq leviers enclenchés et est applicable dans les petites gares.

8° *Appareil retardateur pour manœuvre d'un disque à distance et d'un verrou de calage de pont tournant.* — Cet appareil a pour but de laisser à un train qui viendrait de franchir le signal au moment où celui-ci s'est fermé le temps de franchir le pont avant son décalage, soit environ trois minutes. Pour obtenir ce résultat, le verrou ne peut être enlevé qu'après avoir exécuté une série de mouvements qui durent environ pendant les trois minutes obligatoires.

9° *Appareils de transmissions multiples, avec désengageur circulaire.* — Cet appareil s'emploie lorsque plusieurs leviers répartis en divers points d'une gare agissent sur un même signal. Le désengageur circulaire annule alors l'effet d'un ou plusieurs leviers.

10° *Block system.* — Le *block system* employé par la Compagnie du Nord fonctionne sur 1 000 *km* et emploie 515 postes sur cette distance.

Cet appareil comporte un enclenchement entre les boîtes, avec le signal à distance, rendant le tout dépendant; mais cette dépendance peut être détruite dans certains cas spéciaux, tels que le garage d'un train. Dans ce cas, le garage est assimilé à une station et l'aiguilleur est obligé de couvrir le train par un signal à distance pendant tout le temps que dure le garage de ce train.

§ 5. — Compagnie d'Orléans. — 1° *Appareil à pétard de M. Lirard.* — Les pétards se présentent par couples sur la voie et, quand le train écrase les deux pétards, un petit disque rouge se lève et peut être vu à distance. Il ne peut être effacé que par l'agent qui remplace les pétards. Quand le petit disque se lève, deux nouveaux pétards se placent au-dessus du rail. Ce petit disque est relevé par

un buttoir, qui est mis en mouvement par la rotation du plateau porte-pétard.

2° *Appareil Baudu.* — Cet appareil s'emploie spécialement dans la voie unique, au point où cette voie se dédouble pour le croisement des trains; il est actionné par l'aiguille elle-même. A cet effet, l'aiguille fait fonctionner un verrou, qui vient enclencher le signal à distance de la voie unique, quand la direction donnée par l'aiguille n'est pas celle du train auquel s'adresse le signal avancé.

3° *Électro-sémaphore Lartigue, perfectionné par M. Guillot.* — Dans ce sémaphore, si, pour une cause accidentelle quelconque, le grand bras vient à s'effacer sans que la voie soit réellement libre, ce bras fait battre une sonnerie dans le poste qui commande le sémaphore, avisant ainsi du mauvais fonctionnement de celui-ci.

La Compagnie d'Orléans expose une seconde disposition de sémaphores, qui permet de les faire fonctionner à 180 *m*, tout en conservant dans le poste des indicateurs à sonnerie et à voyant.

§ 6. — Compagnie de l'Ouest. — 1° *Bloch system. — Cantonnement électrique et cantonnement mécanique, avec enclenchement des leviers de manœuvre, type 1889, employés à la gare Saint-Lazare.*

1° Le cantonnement électrique consiste dans la liaison des signaux optiques avec les appareils électriques. Cette liaison est obtenue par l'emploi d'une serrure électrique, montée sur la table d'enclenchement des leviers des signaux avec lesquels elle est reliée.

2° But du cantonnement mécanique. — Lorsque le nombre des trains circulant dans un temps donné est très important, la distance qui sépare les postes de cantonnement doit être réduite, et sur la ligne d'Auteuil, notamment, on a adopté en moyenne une distance de 500 *m* environ. Dans ce cas, on a eu recours pour le fonctionnement du *block system* au cantonnement mécanique.

A cet effet, lorsqu'un train rentre dans un canton, le stationnaire de ce canton ferme le signal derrière le train; ce signal ne peut plus être ouvert que par le stationnaire du canton suivant, et seulement quand le train est protégé par le nouveau signal qu'il vient de franchir, en entrant dans le deuxième canton. Ce dernier signal est fermé par le deuxième stationnaire et ne peut être lui-même ouvert que par le stationnaire du troisième canton, et ainsi de suite.

2° *Automoteur Aubine.* — La description de cet appareil est donnée plus loin, à la Compagnie P.-L.-M.

§ 7. Compagnie P.-L.-M. — 1° *Signal carré monté sur colonne en fonte.* — Ce signal donne deux feux rouges la nuit, au moyen d'un seul foyer placé directement devant un verre rouge du disque et envoyant sur sa face latérale, un feu blanc sur une glace à 45° placée devant le deuxième carreau rouge du disque.

Cet appareil est muni d'un compensateur Dujour. Un balancier à lentille monté sur un poteau et placé entre le levier de manœuvre et le signal ; quelle que soit la position du balancier, la tension du fil reste constante, sous l'action d'un contrepoids. L'appareil de commande a une forme elliptique, de façon à équilibrer l'action de la lentille du balancier, pendant la course du levier de manœuvre.

2° *Sémaphore de Block system.* — La couleur des feux est obtenue la nuit par un seul verre dont la moitié est rouge et l'autre verte. Ce sémaphore est manœuvrable par fil ou par transmission rigide à volonté.

Dans le sémaphore de bifurcation, les ailes sont peintes en violet, et superposées. Quand l'aile est horizontale, elle indique l'arrêt absolu, et si, au contraire, elle est à 45°, elle indique un ralentissement. L'aile supérieure s'adresse à la voie de gauche, tandis que l'aile inférieure s'adresse à celle de droite.

3° *Disque automoteur Aubine.* — La commande du signal peut se faire de deux façons, soit par le train agissant sur une pédale placée le long du rail, soit par un levier de manœuvre placé au poste voisin. Le train en passant sur la pédale met le disque à l'arrêt, celui-ci reste dans cette nouvelle position par l'action du contrepoids, et la pédale reste baissée. Si le poste veut manœuvrer pour mettre le signal à voie libre, il fait mouvoir le levier comme pour le mettre à l'arrêt ; faisant alors la manœuvre en sens inverse, la pédale se relève dans sa première position comme avant le passage du train. L'appareil porte en outre un distributeur de pétards. Ces derniers viennent se placer sur le rail chaque fois que le signal se met à l'arrêt. Dans l'intérieur de la boîte à pétards se trouve un taquet qui est mû par le signal se mettant à l'arrêt, et qui dans son mouvement de rotation pousse le pétard sur la voie. Ce pétard glisse dans une rainure disposée spécialement entre la voie et la boîte. Il porte un appendice qui s'allonge

par l'écrasement sous le passage de la roue, et vient soulever le porte-pétard, ce dernier peut alors tomber en avant du coulisseau au moment où celui-ci vient reprendre sa position initiale. L'appareil est alors prêt à fonctionner de nouveau. Quand l'approvisionnement touche à sa fin, une disposition spéciale fait tinter une sonnerie dans le poste qui commande le signal, et en avise ainsi l'agent du poste.

4° *Enclenchement Saxby modifié.* — Les grils sont verticaux de façon à mieux voir les enclenchements. Ces appareils permettent la manœuvre d'un signal s'adressant à plusieurs directions au moyen d'un seul levier. La table d'enclenchement est liée à la boîte de Block System dont le support est fixé au bas du poste.

La cabine renferme 30 leviers, elle est très surélevée et pose sur une base très étroite, son plancher est supporté par des consoles en encorbellement. Cette disposition encombre moins l'entrevoie, et permet au poste de voir plus loin, sans masquer la vue aux mécaniciens.

5° *Enclenchement Viguer.* — Dans ces appareils, les tables sont utilisées sur leurs deux faces. Elles sont verticales, et solidaires des appareils de Block System. La Compagnie P.-L.-M expose un type à quatre leviers, et un à dix leviers.

6° *Block system, P.-L.-M.* — Dans ce système deux postes successifs sont reliés entre eux, de façon qu'un poste ne peut ouvrir la voie en effaçant son signal, qu'autant que le poste précédent a fermé la sienne, après le passage du train se dirigeant sur le premier poste. Celui-ci en ouvrant sa voie permet au poste suivant de fermer la sienne; de cette façon, l'approche du train est annoncée de poste en poste, et le train est toujours couvert par le poste qu'il vient de franchir. Un poste quelconque ne peut, dans aucun cas, débloquer le poste précédent, sans fermer la voie entre deux débloquages successifs. Chacun de ces postes comporte les appareils Teyer, avec sonnerie Jousselin et automoteur Aubine.

7° *Contrôleur de signaux.* — L'arbre du signal porte un doigt, qui, dans le mouvement du signal, vient appuyer sur un contact à ressort fixé au mât, et ferme dans ce mouvement le circuit d'un courant électrique faisant soulever un petit disque équilibré par un contrepoids. Ce petit disque est placé dans le poste et est mû

par le passage du courant dans un électro-aimant disposé à cet effet

Si le signal est commandé par plusieurs directions, le contact a lieu au levier correspondant à chaque direction, fermant ainsi le circuit correspondant à la direction qui a fait la manœuvre, et seulement à cette direction.

§ 8. — DIVERS. — 1° *Avertisseur électrique, système de Baillehache.* — Cet avertisseur, exposé au premier étage de la galerie des Machines, était appliqué sur la ligne Decauville de l'esplanade des Invalides au Champ-de-Mars, et servait à annoncer les trains aux passages à niveau. Il est constitué par un rail isolé ou une plaque voisine du rail; le train en passant sur cette plaque, ou sur ce rail, fait tinter une sonnette aux passages à niveau ; un tableau à voyants placé dans la gare, permet de voir exactement où est le train, par l'apparition d'un petit voyant rouge correspondant à chaque rail isolé. Ce rail, placé en avant d'un signal, permet au poste intéressé d'ouvrir la voie au moment où le train se présente, et de la refermer une fois le train passé. Dans ce cas, la voie reste normalement fermée.

2° *Discophore de Courval.* — Le train porte des balais métalliques latéraux qui, en frottant sur des plaques métalliques isolées, établissent un courant électrique faisant fonctionner les signaux et indiquent, comme l'avertisseur de Baillehache, la position du train. Ces signaux sont formés de lames en forme d'éventail ; les lames sont alternativement rouges et blanches, et elles se recouvrent les unes sur les autres, donnant ainsi le signal rouge ou blanc. Cette disposition en forme de volet permet de faire une très faible course, pour changer la couleur du signal. Ces signaux, n'étant pas conformes au code, ne sont pas rentrés dans la pratique.

3° *Commutateur Ducousso.* — Cet appareil se compose d'un fort aimant, dont chaque pôle est muni d'une bobine. Cet aimant, placé près du rail, est disposé pour ne pas être touché par les roues des véhicules. Chaque roue, en passant en face de l'aimant, détermine deux courants induits inverses, qui agissent sur un récepteur à relais placé dans un poste à distance.

4° *Disque électrique Dumont.* — Dans cet appareil, comme dans celui de Mors-Rodary, décrit ci-après, le signal reste à l'arrêt, et

chaque déclenchement fait faire au signal un quart de tour, par la chute du contrepoids. Il se trouve ainsi effacé et fermé alternativement. Ce système peut s'appliquer facilement aux signaux actuels.

5° *Appareil Flamache.* — Cet appareil est décrit avec tous ses détails dans le journal *la Lumière Électrique*, tome XXXII, page 23.

6° *Automoteur Aubine.* — Cet appareil, construit par M. Grillot, est décrit précédemment (ch. II, § 7, 3°, Cie P.-L.-M.).

7° *Appareil Leblanc et Loiseau.* — Block System. — Cet appareil fonctionne au moyen d'une pédale placée le long du rail, et qui actionne un soufflet. Un compteur kilométrique permet de savoir quelle est la position du train sur la ligne. La première roue seule fait fonctionner l'appareil.

8° *Appareil Leloutre.* — Block System. — Dans ce système, le signal est actionné par une pédale placée le long du rail, et combinée avec un butoir. Si le signal est à la voie libre, le train en passant sur la pédale, le met à l'arrêt, le butoir agit sur le frein du train et celui-ci s'arrête; en même temps, le signal qui se trouve en arrière se met à la voie libre.

9° *Appareil Leroy.* (Block System.) — Cet appareil est également à pédale, et le train agissant sur celle-ci, fait fonctionner les signaux et avertisseurs, donnant ainsi la position du train.

10° *Société des usines métallurgiques de Marquise.* — Cette Société expose, au point de vue de sa construction, des signaux types État et Midi.

11° *Appareil Mors-Rodary.* — Block System. — La manœuvre s'effectue par le passage du train sur une pédale placée le long de la voie. L'abaissement de la pédale détermine la rupture d'un courant électrique qui dégage un contrepoids suspendu à une corde, laquelle est enroulée sur un tambour muni d'une roue à ailettes. Ce contrepoids en tombant fait fonctionner le signal, qui s'enclenche dès qu'il a tourné d'un angle suffisant pour être à sa position exacte. En se mettant à l'arrêt, ce signal ferme le circuit de la section précédente et la rend libre. La manœuvre peut se faire du poste, au moyen d'un commutateur.

12° *Appareil Sauvajon.* — Block System. — Cet appareil n'est autre chose que le Crocodile de MM. Lartigue et Forest, appliqué sur le Nord au Block System. Il a été exposé en 1878.

13° *Enclenchement Saxby.* — Cet appareil diffère des enclenchements construits antérieurement, et nous ne pouvons ici en donner la description. Nous dirons seulement que les barres à encoches sont dédoublées, et que l'enclenchement ne peut se faire que quand les encoches se trouvent bien superposées. L'enclenchement existe dès que l'on comprime la poignée du levier pour le faire fonctionner, et cet enclenchement est supprimé dès que l'on abandonne le levier.

14° *Grand Central Belge. — Enclenchements.* — Le levier de manœuvre commande un premier balancier qui transmet le mouvement à un second balancier, aux extrémités duquel sont attachés les fils conduisant au signal ou à l'aiguille. Si un obstacle quelconque s'oppose au mouvement des aiguilles, le levier ne peut être manœuvré. Si un des fils vient à se rompre, le deuxième balancier tourne autour de son axe, et déclenche une barre qui vient caler les leviers. Cette disposition n'est applicable qu'aux transmissions à deux fils.

Le Grand Central Belge expose en outre un compensateur de dilatation pour signaux à deux fils.

15° *Appareil Timmis* (Block System). — Dans cet appareil, exposé dans la section anglaise, le sémaphore enclenche les aiguilles. Celui-ci est mû par une pédale placée le long de la voie, ou par un commutateur placé dans le poste d'aiguilleur. Pour faciliter le mouvement de l'aile du sémaphore, celle-ci est équilibrée par un contrepoids de rappel. Ce signal est éclairé de nuit par trois lampes, et ces lampes sont disposées de façon qu'il n'y en ait jamais qu'une d'allumée. Le sémaphore porte une manette qui, suivant la position qu'elle occupe, allume l'une des trois lampes, au moyen d'un contact spécial à chacune d'elles. Une disposition particulière fait tinter une sonnerie dans le poste de l'aiguilleur quand une lampe s'éteint.

16° *Block System. — London and North Western Railway.* — Le Block System est réalisé au moyen d'un bâton pilote. Il est employé sur les lignes à voie unique. La ligne est divisée en sections, et quand on prend le bâton à une extrémité pour entrer dans cette section, on bloque l'extrémité opposée, de telle sorte qu'on ne puisse retirer le bâton de cette dernière extrémité pour envoyer un train se dirigeant sur la première.

En enlevant le bâton, la section qui vient d'être franchie par le train est rendue libre.

17° Nous ne citerons que pour mémoire les appareils suivants :

Barnster et Annett.

Verrouillage et conjugaison d'aiguille en pointe avec signaux, exposés par le *Simplex Railway Patents Syndicats.*

Résumé.

On remarque une tendance générale à appliquer le cantonnement *(Block System)* partout où l'importance de la circulation l'exige, avec liaison des appareils électriques et optiques.

Un grand nombre d'essais ont été faits pour que les trains fassent fonctionner les signaux qui doivent les protéger, rendant ainsi le Block System automatique. Dans le plus grand nombre de ces essais, le but que l'on se propose est, plus ou moins, complètement obtenu, au moyen de pédales mises en action par les roues des véhicules, ou par l'action des roues sur des parties métalliques isolées, rails, plaques de tôle, et même par des courants induits déterminés par le passage des roues près d'aimants puissants.

De tous ces modes d'action, le plus répandu actuellement est la pédale actionnant les signaux, et indiquant au poste, le passage du train en un point déterminé.

L'automaticité a été repoussée pour ne pas laisser s'appuyer sur elle la sécurité.

Quelques tentatives ont été faites pour le remplacement automatique des pétards aux abords des signaux.

CHAPITRE III

Déviations de voies, changements et croisements. Appareils spéciaux.

§ 1. — État. — 1° *Déviation de voie avec cœur en acier coulé posé sur traverses métalliques.* — L'administration des chemins de fer de l'État expose une déviation avec croisement retournable, posé sur traverses métalliques Cette déviation est composée d'une déviation simple et d'un croisement T*g* 10 ; l'une des traverses est prolongée et reçoit la boite de manœuvre ; les coussinets de talons d'aiguille sont renforcés, pour parer aux efforts transversaux. Ces appareils ont une grande rigidité.

2° *Appareil de manœuvre des aiguilles à distance par fils.* — La manœuvre est obtenue par une came qui produit le décalage, le déplacement et le recalage des aiguilles. Cette manœuvre peut être faite à distance, ou par un levier placé près de l'appareil sur le signal d'aiguille. Une clef spéciale peut être introduite, soit dans la boîte du levier à distance, soit dans celle de l'appareil placé près de la déviation ; elle rend, dans ce dernier cas, le levier à distance indépendant.

§ 2. — Midi. — *Appareil de manœuvre et calage d'aiguille par un seul levier attelé à un changement de voie à aiguilles à patin.* — Le mouvement est transmis par une came qui se déplace dans un cadre, lequel actionne les aiguilles. La came est formée de deux arcs de cercle ayant pour centre son point d'articulation et réunis par une courbe spéciale.

Dans la première partie du mouvement, la came se déplace dans le cadre sans que celui-ci se déplace, et déverrouille l'aiguille ; dans la seconde partie du mouvement, la came entraîne le cadre et celui-ci fait déplacer les aiguilles ; enfin, dans la troisième partie, la came agissant sur le deuxième arc de cercle, le cadre reste immobile et l'aiguille est verrouillée dans sa nouvelle position.

§ 3. — Nord. — *Verrou à ressort pour manœuvre des aiguilles actionnées par fils.* — Ce verrou, imaginé par M. Forest, permet la manœuvre et le calage des aiguilles manœuvrées par fils, tout en laissant à celles-ci la faculté de prise en talon. La tige, dans le prolongement de la tringle de connexion des aiguilles, porte un ressort coulissant dans un boisseau à rainure ; dans cette rainure se meut une langue d'aspic qui, en agissant sur le verrou, le relève et dégage l'arrêt que porte le boisseau, laissant ainsi le levier entraîner tout le système.

A la fin de la course, le verrou retombe et assure la position du boisseau, en même temps que la pression qu'exerce le ressort cale les cames, tout en leur permettant de s'écarter dans le cas où elles seraient prises en talon.

2° *Contrôleur d'aiguille de changement de voie, système E. Sartiaux.* — La lame de l'aiguille, en s'appliquant sur le contrerail, appuie sur un bouton qui, traversant ce dernier, communique avec des frotteurs métalliques. Ce contact ferme ou rompt le circuit d'un

courant électrique, agissant sur une sonnerie placée dans le poste. Le bouton est rappelé par un ressort quand la pression de l'aiguille cesse d'agir.

3° *Manœuvre électrique des aiguilles à distance.* — Ne pouvant décrire cet appareil sans dessins, nous renvoyons aux *Notices* de la Compagnie du Nord déposées à la Société.

4° *Verrou-aiguille, système Poulet, actionné par transmission rigide.* — Cet appareil se compose essentiellement d'une tige formant verrou et ayant la forme d'un Z qui coulisse dans un support en fonte. La manœuvre se décompose en trois parties, comme pour l'appareil exposé par l'Administration des Chemins de fer de l'Etat (§ 2). Le verrou glisse entre deux galets, et la partie oblique du Z fait mouvoir les aiguilles; les parties droites décalent ces aiguilles pour les recaler une fois la manœuvre terminée. Une pédale est engagée sous les roues des trains, comme dans les appareils Saxby.

§ 4. — Compagnie d'Orléans. — 1° *Pédale Barbier, pour faciliter la manœuvre des aiguilles à contrepoids rivé.* — La manœuvre est facilitée en équilibrant le contrepoids par une partie du poids de l'aiguilleur monté sur une pédale.

2° *Manœuvre et verrouillage des aiguilles par transmissions funiculaires.* — La Compagnie d'Orléans emploie deux fils et deux leviers; l'un agit sur le verrou, le second sur les aiguilles. Le contrôle est obtenu par un contact électrique qui est placé sur le verrou. Les aiguilles peuvent en outre être manœuvrées par un levier ordinaire placé près de la déviation.

§ 5. — Compagnie P.-L.-M. — *Manœuvre des aiguilles à distance.* — Le levier de transmission est relié à l'aiguille par l'intermédiaire de deux équerres dont l'une est montée sur un chariot, au-dessus du sol, et la seconde au niveau du sol.

L'équerre à quatre bras, supérieure, est reliée par deux de ses bras au levier de manœuvre, les deux autres sont reliés par fils à l'équerre inférieure qui est à trois branches, la troisième branche est reliée à l'aiguille.

Les équerres seules se déplacent quand on manœuvre ; mais si, pour une raison quelconque, l'aiguille ne fonctionne pas, le chariot sur lequel est montée l'équerre à quatre branches se déplace et l'aiguilleur en est avisé par la difficulté de la manœuvre.

2° *Manœuvre et verrouillage d'aiguille, système Dujour.* — La manœuvre se décompose en trois parties : décalage, mouvement et recalage de l'aiguille. Ces trois opérations sont obtenues par le déplacement d'un galet dans une coulisse ayant la forme d'un col de cygne. En dehors de ce mécanisme, l'appareil est muni d'une pédale placée le long du rail et qui empêche d'exécuter la manœuvre quand un train est engagé sur la déviation.

§ 4. — DIVERS. — 1° *Manœuvre et calage des aiguilles, appareil Saxby.* — La tringle de connexion des aiguilles porte une saillie calée par le verrou dans l'axe de la voie. Dans la première partie de la manœuvre, le verrou décale l'entretoise et met en prise dans une mâchoire une came qui oblige cette mâchoire à se déplacer ; celle-ci est fixée au bout d'une équerre dont l'autre extrémité déplace les aiguilles. Le verrou agit ensuite pour recaler les aiguilles.

2° *Contrôleur d'aiguille, système Chaperon.* — L'appareil Chaperon est employé par la Compagnie P.-L.-M. et l'Administration des Chemins de fer de l'Etat. Il est employé sur les voies uniques, et indique si les aiguilles qui doivent coller au contrerail pour leur prise en pointe ont bien fonctionné. Un répétiteur à aiguille, indépendant du signal acoustique, indique la direction laissée libre, par l'inversion d'un courant, qui incline l'aiguille du répétiteur dans un sens ou dans l'autre, suivant la direction libre.

3° *Manœuvre des aiguilles à distance par le procédé de MM. Bianchi et Servettaz.* — Ce procédé a été essayé à Nice et à Bourges par les Compagnies P.-L.-M. et d'Orléans. Le principe de l'appareil est décrit dans la *Revue générale des chemins de fer* d'avril 1888. La manœuvre est transmise par l'action de l'eau sous pression, caractérisée par une vérification de manœuvre qui ne permet les enclenchements subséquents qu'après réalisation de la manœuvre engagée.

4° *Calage des aiguilles, appareil de M. Millet.* — L'appareil était au 1er étage de la galerie des Machines. Le principe de l'appareil est le suivant : entre le levier de manœuvre et les aiguilles, il y a sur la transmission de mouvement deux genouillères. Lorsque les trois points d'appui, d'attache et d'articulation sont sur une même droite, les aiguilles se trouvent calées.

5° *Prise en talon des aiguilles verrouillées, appareil de M. Petitbon.*

— La tringle de connexion porte un manchon à l'intérieur duquel se trouve un ressort à boudin. Quand le train prend l'aiguille en talon, le ressort se comprime et laisse bâiller l'aiguille, qui reprend sa première position sous l'action du ressort, après le passage du train.

6° *Contrôleur d'aiguille, système de MM. Richard et Poirsin.* — Cet appareil diffère très peu de celui de M. E. Sartiaux, employé par la Compagnie du Nord et décrit au présent chapitre (§ 3, 2°). Les brosses métalliques sont remplacées par des ressorts à contacts.

7° *Verrouillage des aiguilles par le Simplex* R *patent Syndicat.* — La manœuvre pour le verrouillage des aiguilles est indépendante de la manœuvre de ces mêmes aiguilles. Un levier spécial actionne un balancier qui s'engage alternativement dans les tringles des aiguilles. Ce verrou est enclenché avec les signaux.

Résumé.

L'examen des appareils dont il est parlé dans ce chapitre montre que trois questions préoccupent encore les Compagnies et les constructeurs d'appareils de déviation.

La première est la manœuvre pure et simple des aiguilles à distance, afin d'éviter la multiplicité des aiguilleurs, et augmenter la rapidité des manœuvres, tout en donnant la sécurité la plus absolue. La manœuvre par transmission rigide est un fait acquis et sûr ; au contraire, on peut remarquer que la transmission par fils, la plus économique, n'est pas encore d'un emploi courant.

La deuxième est le verrouillage et la manœuvre des aiguilles par un seul levier. Le problème a été résolu de plusieurs façons.

Enfin, la troisième est la faculté de prendre une aiguille verrouillée en talon. Il serait, en effet, très intéressant de laisser, dans les aiguilles verrouillées, la facilité de les prendre en talon comme cela se fait pour les aiguilles non verrouillées.

Dans cette voie, nous voyons deux systèmes, basés sur l'action d'un ressort, agissant sur les aiguilles pour les fixer à leurs contrerails.

CHAPITRE IV

Voies étroites et Tramways.

La construction du réseau secondaire des chemins de fer français a conduit à construire des lignes mixtes, c'est-à-dire qui, dans certaines parties, comportent la voie étroite encastrée dans la voie normale, les deux voies ayant le même axe longitudinal. Les Compagnies du Nord et du Sud de la France se trouvent dans ces conditions. Les appareils de déviation dans ces voies deviennent compliqués en raison du grand nombre des aiguilles et des traversées de voie.

§ 1. — Nord. — 1° *Dédoublement des voies à quatre rails.* — Dans cet appareil, la voie étroite seule est sortie de la voie à quatre rails. La voie étroite est désaxée et rapprochée de la voie normale, un peu avant la bifurcation pour permettre d'augmenter l'angle de sortie. Ce rapprochement est fait de façon à laisser entre le rail dévié de la petite voie et le rail droit de la voie normale une ornière de 0,0358 *m*, qui est suffisante pour le passage du boudin des roues. Au croisement du rail dévié intérieur de la petite voie avec le rail droit de la voie normale du même côté, se trouvent deux pointes de cœur à angle très aigu, et au point de rencontre de ce dernier rail avec le rail extérieur de la petite voie déviée, une pointe de cœur à angle (*tg.* 9). Dans l'appareil exposé par la Compagnie du Nord, la voie à quatre rails est arrêtée au point de bifurcation, c'est-à-dire au point où ces deux voies se séparent.

§ 2. — Sud de la France. — La Compagnie du Sud de la France exposait deux modèles de déviation de voie à quatre files de rails pour exploitation à voie unique.

1° *Déviation de la petite voie seule, les quatre rails restant continus au delà de la bifurcation.* — Cet appareil diffère du précédent entre trois points : le premier, en ce que la voie étroite n'est pas excentrée ; le second, en ce que les deux pointes de cœur intermédiaires sont remplacées par deux aiguilles conjuguées, opposées par la pointe ; et enfin, en ce que la pointe de cœur, *tg.* 9, est remplacée par deux pointes de cœur mobiles. Au lieu

d'avoir un seul croisement, l'appareil en a deux ; la voie à quatre rails étant continuée en ligne droite au delà de la bifurcation. Dans cette appareil, il y a en réalité six aiguilles mues par un seul levier, et enclenchées avec les signaux. L'appareil ne peut être pris en talon.

2° *Déviation de la grande voie seule, les quatre rails restant continus au delà de la bifurcation.* — Cet appareil ne diffère en rien du précédent ; la voie déviée est la voie normale, au lieu de la voie étroite ; mais les différentes parties de l'appareil sont les mêmes que dans le précédent.

3° *Déviation des deux voies à la fois, les quatre rails restant continus au delà de la déviation.* — Le dessin seul de cet appareil était exposé. Cet appareil est la juxtaposition des deux précédents. Il a les mêmes dispositions d'aiguilles et de cœurs mobiles, enclenchés les uns avec les autres et avec les signaux. Dans ce dernier type d'appareil, il y a huit aiguilles et quatre pointes de cœur, mises en mouvement par une transmission rigide actionnée par un seul levier.

Chaque appareil comporte une boîte de manœuvre renfermant trois leviers, dont l'un fait mouvoir les aiguilles, le deuxième les signaux d'aiguilles et le troisième les signaux à distance.

La manœuvre se décompose en cinq parties :

1° Fermeture des voies en amont et en aval de la déviation, et déclenchement des signaux d'aiguille ;

2° Manœuvre des signaux d'aiguille, et déclenchement des aiguilles et cœurs mobiles, verrouillage des signaux à distance ;

3° Manœuvre des aiguilles et cœurs mobiles ;

4° Calage des pièces mises en mouvement dans la troisième partie et déverrouillage des signaux à distance ;

5° Verrouillage des signaux d'aiguille et mise des signaux à distance à leur position normale de voie libre.

§ 3. — Manœuvre automatique des aiguilles, système Delletrez. — Ce système est employé pour les voies de tramways sur route. Les aiguilles sont maintenues collées à leurs contrerails par un ressort en spirale placé dans une boîte latérale. Elles peuvent être prises en talon et sont ramenées à leur position normale par le ressort après le passage du véhicule. Quand on veut prendre l'aiguille en pointe, on introduit un levier dans la boîte de manœuvre, et en comprimant le ressort, on maintient

l'aiguillage ouvert pendant le passage du véhicule. Un levier est déposé dans chaque véhicule.

§ 4. — Plaque tournante pavée sans saillie, système Dellettrez. — Cette plaque tournante n'offre rien de particulier, si ce n'est qu'elle peut être placée sur la chaussée des routes, sans présenter d'inconvénients pour le passage des chevaux, puisqu'elle est pavée comme le reste de cette chaussée et qu'elle ne fait aucune saillie. Elle est employée dans les chemins de fer sur route et tramways.

Résumé.

L'exposition des appareils de voie de chemin de fer à voie étroite et de tramways n'offre pas de points bien saillants en dehors des déviations de voie dont il est parlé plus haut.

CHAPITRE V.

Chariots, plaques tournantes, barrières et clôtures, gabarits de chargement. — Alimentation.

§ 1. — État. — 1° *Treuil fixe pour manœuvre de chariot roulant, avec fosse.* — Ce treuil est muni de deux tambours : l'un, supérieur, sert à faire mouvoir le véhicule; l'autre, inférieur, sert à donner le mouvement au chariot.

Sur le tambour supérieur s'enroule un câble terminé par un crochet auquel on accroche le véhicule pour l'amener sur le chariot. Le mouvement d'éloignement est obtenu par une poulie intermédiaire qu'on accroche aux rails.

Sur le tambour inférieur s'enroulent deux chaînes qui servent à la translation du chariot.

2° *Barrière à contrepoids manœuvrée à distance.* — La manœuvre de ces barrières est faite par un treuil à vis sans fin, afin d'éviter la fermeture trop brusque des barrières. Le fil qui transmet la manœuvre à ces derniers se dédouble aux abords du passage à niveau, et fait fonctionner les deux barrières à la fois. Une sonnerie spéciale avertit le public de la fermeture de la barrière e permet à celui-ci d'en demander l'ouverture au garde.

3° *Clôture métallique.* — Les montants de ces clôtures sont faits avec de petits rails Vignole hors d'usage; le poids de cette clôture complète est de 18,8 *kg* le mètre courant.

§ 2. — Midi. — *Chariot transbordeur à niveau.* — Ce chariot pèse 7 900 *kg*. La différence de niveau du chariot et des voies est de 100 *mm;* il peut être attelé à un cheval ou une machine. Les poutres servent de chemin de roulement aux véhicules et sont supportées par quatre galets reposant sur huit paliers.

§ 3. — Nord. — 1° *Plaque tournante de 14 m de diamètre.*— La plaque tournante exposée par la Compagnie du Nord pèse 50 *t* environ. Elle est destinée aux locomotives, et présente, sur les ponts tournants, l'énorme avantage de ne pas avoir de fosse apparente.

Elle est mue par une petite machine à vapeur de deux chevaux, fixée sur le tablier de la plaque. En dehors de cette machine, il y a un treuil à bras, destiné à faire la manœuvre quand la machine n'est pas en pression, ou quand elle ne peut fonctionner pour une raison quelconque. La manœuvre à bras ne demande que quatre hommes aux manivelles.

2° *Treuil enclenché actionnant une barrière à pivot manœuvrée à distance par fils.* — La barrière est équilibrée par un contrepoids. Elle est manœuvrée par un fil enroulé sur un tambour. Celui-ci porte des encoches destinées à recevoir un verrou mû par une transmission venant du poste voisin. Lorsque le verrou est dégagé de l'encoche du tambour, la barrière peut être actionnée.

3° *Chariot transbordeur de 6,50 m, manœuvré à bras ou par une machine de manœuvre.* — Ce chariot chargé d'un wagon de 12 *t* peut être manœuvré par six ou huit hommes. Les roues sont à l'extérieur du chariot.

Dans les grandes gares, on l'attelle à une machine de manœuvre qui porte un cabestan destiné à amener les wagons. Le chariot est supporté par huit galets dont les fusées tournent dans des colliers à chapelets renfermés dans les paliers.

§ 4. — Ouest. — *Chariot hydraulique avec plaque tournante.* — La Compagnie de l'Ouest exposait le dessin de son chariot hydraulique avec plaque tournante, appliqué à la gare Saint-Lazare. Ce chariot est destiné au transbordement des locomotives; il est

actionné par un cylindre hydraulique placé dans la fondation, et il porte une plaque tournante. La manœuvre de la plaque tournante est obtenue par un cabestan hydraulique placé à côté du chariot. Ces chariots évitent l'évidement du quai à l'endroit des plaques.

§ 5. — ORLÉANS. — 1° *Chariot transbordeur pour voitures et wagons.* — La Compagnie d'Orléans expose un chariot transbordeur qui est divisé en deux parties : l'une sert de moteur, et l'autre reçoit le véhicule à transborder.

Le premier est mû par une machine à vapeur, et, une fois les deux parties attelées, un embrayage permet de donner à volonté le mouvement de translation au véhicule ou au chariot chargé.

En dehors de ce chariot, la Compagnie en expose un second destiné aux ateliers. Il est mû à bras, et sert au transbordement des voitures et wagons. Ce chariot est sans fosse.

Enfin, un troisième chariot sert au transbordement des machines ; il pèse **16** *t*, et est mû par une machine à vapeur.

2° *Pont tournant pour locomotives.* — Ce pont a **17** *m* de longueur et a une fosse de **0,42** *m ;* il présente l'avantage de ne pas avoir de fosse profonde dans toute son étendue ; la partie du centre recevant le pivot a, seule, une grande profondeur, mais qui n'offre aucun danger puisqu'elle n'est pas accessible. Ce pont chargé d'une locomotive et de son tender peut être mû par deux hommes. Il est formé de deux poutres en treillis ayant la forme d'égale résistance, et en saillie. Ces poutres sont entretoisées par des poutrelles.

§ 6. — P.-L.-M. — *Chariot transbordeur à niveau.* — Ce chariot peut être manœuvré en charge par huit hommes. Il est supporté par huit galets placés à l'intérieur et en quinconce, et deux au bout de chaque poutre. Ces galets roulent sur des fers à T renversés et dont l'âme passant entre chaque paire de galets sert au guidage du chariot.

§ 7. — GRAND CENTRAL BELGE. — Le Grand Central Belge expose un gabarit de chargement entièrement métallique, et des barrières métalliques en treillis. Celles-ci sont à bascule, avec appareils de manœuvre conjugués.

Résumé.

Les Compagnies cherchent en général à supprimer les fosses, aussi bien pour les ponts tournants que pour les chariots transbordeurs. Pour les premiers, le Nord supprime complètement la fosse en employant une plaque tournante; l'Orléans réduit la fosse à 0,42 *m*. Pour les seconds, toutes les Compagnies ont en général un type de chariot transbordeur sans fosse, et chacune d'elles cherche à en diminuer le poids.

Enfin, on peut remarquer le chariot hydraulique, avec plaque tournante, employé par la Compagnie de l'Ouest, dans un cas tout à fait spécial.

CHAPITRE VI

Appareils de levage et de pesage.

§ 1. — État. — *Appareil pour charger les fûts.* — L'appareil se compose de deux flasques entrecroisées et portant un treuil à double vitesse; dans la première partie du mouvement donné au fût, celui-ci est élevé presque verticalement, par l'action du treuil dont on a fixé la manivelle sur l'arbre correspondant à la plus faible des deux vitesses. Le fût une fois élevé à la hauteur du plancher du wagon, on met la manivelle sur l'arbre correspondant à la vitesse la plus grande, et le fût peut ainsi être chargé sans grand effort. Un homme peut facilement charger un fût pesant 900 *k*. Un frein automatique est disposé de façon à éviter une descente brusque. Il se compose d'une lame d'acier enroulée sur une poulie du treuil. L'appareil pèse 115 *k*. Il est monté sur roues et peut être déplacé comme une brouette. Il est employé dans les stations n'ayant pas de quai à marchandises et dont le personnel est peu nombreux.

§ 2. — Midi. — *Pont à bascule de 20 t, avec appareil de calage.* — Ce pont ne repose sur ses couteaux que quand on s'en sert pour effectuer une pesée. A cet effet, un volant actionnant une vis sans fin transmet son mouvement à un palier mobile, qui actionne lui-même un levier mettant les couteaux en contact avec le tablier. Le volant manœuvré en sens inverse retire les couteaux, le tablier

repose alors sur le calage et on peut y faire passer sans inconvénient tous les véhicules. La fosse de ce pont n'a que 0,650 *m* de profondeur.

§ 3. — Nord. — 1° *Treuil électrique.* — Ce treuil électrique se compose d'un chariot sur lequel sont montées deux machines dynamo-électriques dont l'une est destinée au mouvement de translation du chariot et l'autre au mouvement élévatoire. La puissance électrique est prise dans le jour aux machines de l'éclairage. Cet appareil est employé dans la halle des sucres et donne de très bons résultats, au point de vue de la rapidité des manœuvres et de l'économie. Un commutateur inverseur double envoie le courant dans les réceptrices par l'intermédiaire de résistances calculées de façon que ce courant n'arrive que graduellement.

Cet appareil permet de prendre sur un wagon un fardeau de 140 *k*, de le porter à 25 *m* et de le poser à terre en trente-cinq secondes et emploie quatre hommes, y compris le surveillant de machines électriques.

2° *Cabestan électrique pour la manœuvre des wagons.* — Cet appareil se compose d'une machine dynamo-électrique à deux anneaux dont l'axe se termine par une roue dentée engrenant avec une grande roue fixée à la cloche.

L'appareil est alimenté par des accumulateurs en plomb.

§ 4. — Orléans. — *Grue roulante de 6 à 8 t.* — Cet appareil, pesant 23 *t*, est disposé de façon à supprimer les agrafes aux rails et aussi pour être transporté facilement tout en ayant une flèche de 6,85 *m* de hauteur et une portée de 4,60 *m*.

A cet effet, l'appareil, une fois en place, est supporté par quatre vérins s'appuyant sur le ballast, et donnant ainsi une très bonne base d'appui au véhicule. La longueur du tirant peut varier, en modifiant son clavetage, ce qui permet à cette grue de passer au gabarit.

§ 5. — Ouest. — *Monte-wagon hydraulique de 15 t.* — Cet appareil n'est autre chose qu'un ascenseur hydraulique puissant; il sert à monter les wagons du niveau des voies de la gare au niveau de la halle des messageries, c'est-à-dire à la hauteur du pont de l'Europe.

§ 6. — Divers. — *La Société des mines de Courrières* (Pas-de-Calais) expose un dispositif spécial pour le déchargement de la gaillette. Ce charbon arrive dans des caisses en bois à fond mobile, et contenant 1 *t* de houille. Ces caisses sont soulevées du wagon et descendues ensuite dans les bateaux au moyen d'une grue Chrétien ; le fond des caisses s'ouvre à une hauteur convenable pour qu'il n'y ait pas de bris.

Une deuxième disposition permet le déchargement du tout-venant dans les bateaux. Cette disposition n'exige qu'un homme pour faire toutes les manœuvres. Les charbons arrivent par trains, et chaque wagon renferme deux caisses en tôle contenant chacune 5 *t*. Les wagons sont amenés sous le basculeur, qui est composé d'un cylindre vertical fixe dont le piston porte une chaîne à crochet et qui, dans son mouvement ascensionnel, accroche le côté de la caisse et la fait basculer. Un verrou spécial laisse libre dans ce moment la porte de la caisse, et le charbon se déverse dans un couloir se rendant au bateau. Ce dernier se meut par une chaîne de tonnage de façon que le charbon soit chargé sur toute la surface du bateau. Les trains sont manœuvrés par des treuils spéciaux commandés par l'homme chargé de tout le mécanisme. Chaque appareil permet de charger 1 500 *t* par journée de dix heures.

2° *Pont à bascule système Guillaumin.* — La Société anonyme de construction de Voiron expose un système de pont à bascule de 40 *t*, qui est muni des appareils nécessaires à sa vérification. Dans ces ponts, la vérification peut se faire à un instant quelconque. Le pont porte un petit levier additionnel à l'une des romaines, et un plateau de contrôle.

CHAPITRE VII

Petit matériel des Gares.

§ I. — État. — L'administration des chemins de fer de l'État expose :

1° *Un pont de chargement roulant*, pouvant porter deux tonnes, et pouvant servir quand les stations n'ont pas de quai découvert, et aussi pour le chargement du matériel d'artillerie.

2° *Brouette à bagages, métallique.* — Cette brouette a son essieu placé de façon que la charge soit équilibrée dessus et fatigue moins l'homme chargé de la manutention des bagages. Elle est entièrement métallique et à barre. Elle ne pèse que 100 *kg.*

3° *Poulin de chargement en tôle emboutie.* — Ce poulin, d'un poids de 75 *kg*, peut supporter sans chance de rupture des charges de 600 *kg.*

§ 2. — Nord. — 1° *Casier pour distribution de billets à voyageurs.* — Les casiers exposés par la Compagnie du Nord ont été étudiés par la maison Müller fils aîné. Ce casier est tournant et peut servir à deux distributeurs successifs. Chacun d'eux a la clef d'une face du casier ; de cette façon, au changement de service, chaque distributeur ferme son côté de casier, sans avoir besoin de rendre sa caisse à son successeur.

2° *Casier à étiquettes pour bagages.* — Ces casiers sont divisés en trois parties. Au fond sont les numéros ; à gauche, les noms des stations, et à droite, des étiquettes pour messageries.

§ 3. — Divers. — Nous ne citerons que pour mémoire :

1° *Machine à fabriquer les billets, système Ravasse ;*

2° *Composteurs à billets et boîtes à finances*, de M. Klein ;

3° *Composteur à billets, système Karl Danner* (Autriche-Hongrie). — Les noms des stations sont inscrits sur les billets et dans l'ordre inverse des stations. L'appareil dans lequel on introduit le billet coupe celui-ci à la station où le voyageur doit descendre, en même temps que le nom de la station de départ, la date et la somme perçue sont perforés sur la partie remise au voyageur ; l'autre partie tombe dans une caisse fermant à clef, laquelle est entre les mains de l'inspecteur.

CHAPITRE VIII

Appareils divers.

§ 1er. — Est. — 1° *Contrôleur de vitesse des trains*, système Hubon. — Cet appareil se compose d'un cylindre faisant un tour par vingt-quatre heures, d'une vis hélicoïdale dont le chariot formant écrou porte une pointe à tracer ou un crayon.

Un pignon conique fixé à la vis engrène successivement avec deux secteurs dentés, actionnés par la chute d'un contrepoids faisant partie du mécanisme d'horlogerie. La pointe à tracer ou le crayon s'appuie sur le cylindre. Sur la voie, se trouvent deux contacts électriques actionnés par les roues du train. Ces contacts sont formés de quatre lames. Le train, en passant sur ces contacts, envoie un courant dans l'appareil qui déclenche le chariot, et trace sur le cylindre une génératrice, au moyen d'un électro-aimant recevant le courant. Lorsque le train passe en face d'un second contact, placé à une distance connue, il envoie un deuxième courant qui ramène le chariot à sa première position. En mesurant la ligne tracée en hélice sur le cylindre, on sait combien le train a mis de temps à parcourir la distance entre les deux contacts, et, par suite, sa vitesse de marche.

2° *Contrôleur de vitesse des trains, système Bourguion.* — Cet appareil se compose d'un tube de verre terminé à une extrémité par deux ampoules et fermé à l'autre. Ce tube renferme du mercure, et les deux ampoules sont soudées à 90° l'une sur l'autre. Sur la voie se trouvent deux pédales actionnant le tube et placées à 50 *m* l'une de l'autre. Le train, en passant sur la première pédale, renverse le tube, et le mercure avance dans le tube. Au passage du train sur la seconde pédale, le système est remis en équilibre, et le point où est arrêté le mercure indique la vitesse du train sur une planchette graduée à cet effet. L'appareil doit être remis à sa position initiale à la main, en tirant sur un fil qui relève les pédales.

3° *Cloche électrique et indicateur.* — Cette cloche électrique est souvent appelée cloche à pigeonnier. Ce signal peut s'adresser à une ou deux directions; il est muni d'un bouton spécial pour chacune d'elles. L'appareil porte une plaque donnant la signification de chaque signal. Cette cloche ne donne qu'un coup par chaque manœuvre de manivelle.

L'indicateur est remarquable par le faible nombre de fils nécessaires à transmettre un assez grand nombre de signaux.

4° *Chronométrie. — Appareil d'unification de l'heure.* — Le système exposé par la Compagnie de l'Est a pour but de mettre à l'heure toutes les horloges du réseau, deux fois par vingt-quatre heures. Les horloges des gares contiennent à cet effet un électro-aimant à l'intérieur du mécanisme. Le fil omnibus de la ligne télégraphique est employé à cet usage.

Sur l'électro-aimant sont fixés deux ressorts permettant l'échange des dépêches. Mais, si le circuit de la pile locale est fermé, l'armature de l'aimant entraîne les deux ressorts et l'horloge est mise en communication avec l'organe de mise à l'heure. L'horloge régulatrice envoie un courant pendant une minute, qui, dans ce temps, arrête l'horloge si elle est en avance et lui laisse reprendre son mouvement après la minute écoulée.

Ce système permet de régler les horloges ne variant que de deux minutes en vingt-quatre heures; le fil omnibus est fermé pour la transmission des dépêches pendant cinq minutes.

Un commutateur permet d'isoler chaque pendule du circuit.

5° *Transmetteur à contact pour récepteurs électriques.* — L'appareil a été imaginé par M. Dumont. Il a pour but de permettre d'employer un transmetteur d'un système quelconque sans rien changer dans l'installation du poste; de pouvoir mettre sans difficulté un transmetteur quelconque, avec une direction quelconque de ce poste; de pouvoir changer un transmetteur sans rien changer à la régularité des transmissions des autres transmetteurs, et, enfin, de pouvoir augmenter le nombre des appareils sans aucune entrave dans le service courant.

La Compagnie de l'Est expose, en outre, une série de pièces détachées, telles que galvanomètres, piles, relais de sonnerie, appareil d'essai de lignes et de piles, paratonnerres à papier, voltamètre portatif, un poste Morse portatif, etc.

§ 2. — ÉTAT. — 1° *Trompe d'appel électrique.* — L'appareil se compose d'une trompe mue par un piston, lequel est actionné par une pédale qui fait en même temps effacer le signal au passage du train.

La pédale placée le long de la voie est mue par les roues du train et envoie un courant électrique qui déclenche le ressort qui actionne le piston de la trompe placée à la gare suivante. Au moment du passage du train sur la pédale, le signal est mis à l'arrêt. La trompe peut s'accrocher sur le mur d'un bâtiment de la gare. Dès que le train est arrivé, un employé peut remettre tout le système à sa position initiale, en tirant sur une ficelle disposée à cet effet.

2° *Appareil de correspondance.* — Cet appareil sert à relier les gares aux passages à niveau et indique au garde-barrière ce qu'il a à faire. La gare voisine envoie au passage à niveau un courant

positif ou négatif, au moyen d'un commutateur inverseur. Ce courant fait incliner l'aiguille du récepteur placé au passage à niveau, à droite ou à gauche, suivant le sens du courant, et indique les mots : « Ouvrez, — fermez, — puis-je ouvrir ? — je ferme. »

3° *Contrôleur de vitesse des trains.* — L'appareil se compose d'une bobine déroulant une bande de papier, comme dans un appareil Morse. Une plume fixe trace en temps normal une ligne droite sur la bande de papier. Sur la voie sont placées deux pédales distantes de 200 *m.* Le train, en passant sur ces deux pédales, envoie et ferme un courant électrique qui déplace la plume par l'intermédiaire d'un électro-aimant pendant tout le temps que le train a mis à parcourir la distance de 200 *m.* La longueur de papier déroulée dans ce temps donne la vitesse du train entre les deux pédales.

4° *Chronométrie.* — L'appareil fait sonner à la fois toutes les horloges des gares. A une heure déterminée, on peut faire ainsi fonctionner un timbre qui indique l'heure exacte aux agents des gares intéressées.

L'appareil se compose d'un poids métallique glissant dans un guide et maintenu en l'air par un électro-aimant. A l'heure dite, l'horloge régulatrice envoie un courant dans l'aimant par l'intermédiaire du fil télégraphique ; sous l'action de ce courant, l'électro-aimant abandonne le poids qui tombe le long du guide et vient frapper le timbre. Le mouvement du poids métallique se communique de gare à gare instantanément. Le chef de gare doit remonter le poids à la main ; un oubli de sa part empêche toutes les horloges des gares au delà de la sienne d'entendre le timbre. L'heure est ainsi donnée deux fois par jour.

§ 3. — Midi. — *La Compagnie du Midi expose un poste télégraphique à douze directions et un poste mural à deux directions.* — Le premier contient quatre appareils Morse, un relais de sonnerie à deux indicateurs avec sonnerie à trembleur. La table porte, en outre, deux broches permettant d'introduire une pile locale dans le circuit.

§ 4. — Nord. — 1° *Avertisseur de gare.* — Un contact électrique annonce aux gares le moment où le train franchit le signal à distance.

2° *Avertisseur à lanterne mobile.* — Cet avertisseur à lanterne

mobile, analogue au précédent s'emploie dans les grandes gares. Il a pour but d'indiquer d'un point quelconque de la gare à un autre, que les voies principales sont occupées, et qu'on ne peut y envoyer des trains.

3° *Avertisseur Clémandot.* — Il permet d'annoncer automatiquement l'approche des trains.

Nous ne donnerons que pour mémoire :

4° *Le contrôleur de désengageurs.*

5° *Le contrôleur de signaux.*

6° *Postes télégraphiques à deux et trois directions.* — Ces postes ne diffèrent des postes ordinaires que par l'addition d'une sonnerie d'urgence destinée à prévenir les déclenchements de l'appareil par suite des trépidations de la table.

En dehors de ces postes, la Compagnie du Nord expose diverses pièces de détail perfectionnées, parmi lesquelles on peut signaler : une sonnerie à voyant pour postes à plusieurs directions ; des paratonnerres, des boussoles, des isolateurs, des godets de raccords, vis, bornes, etc., ainsi que des commutateurs ronds, un parleur à tambour, des sonneries trembleuses, piles, etc.

§ 5. — Orléans. — 1° *Appareil de correspondance.* — Cet appareil est à cadran, et sert à l'échange rapide des communications entre les agents d'une même gare. L'appareil est muni d'un appel acoustique que l'on peut faire durer aussi longtemps que l'on veut.

2° *Contrôleur de vitesse des trains.* — Cet appareil se compose de quatre dés en bois creux munis d'un bouchon. Ces dés se posent le long du rail et dans le ballast, de façon que le bouchon de chaque tube soit enfoncé par le passage des roues du train. Le premier dé communique par un petit tube en caoutchouc avec un soufflet qui fait frapper un marteau sur un diapason et qui déclenche, en se soulevant, un cylindre métallique qui se met à tourner en descendant sur une rainure hélicoïdale. Ce cylindre descend sous l'action d'un ressort puissant. Sur ce cylindre métallique est enroulé un papier chimique sur lequel les vibrations du diapason sont inscrites par un stylet.

Les trois autres petits cylindres sont réunis à un seul tube en caoutchouc, qui débouche dans une boîte à clapet. Celui-ci en se soulevant vient rencontrer le crin, qui fait une marque spéciale sur le papier. En comptant les vibrations marquées entre les con-

tacts 2 et 4 des petits cylindres à bouchon, lesquels sont espacés de 6 *m*, on peut savoir combien de temps le train a mis à parcourir les 6 *m*.

§ 6. — P.-L.-M. — 1° *Photoscope*. — Cet appareil est destiné à indiquer l'extinction des feux des signaux. C'est une lame composée de deux métaux se dilatant inégalement. Dès que la lampe s'éteint, ce thermomètre métallique se contracte et vient s'appuyer sur un bouton électrique qui fait tinter une sonnerie dans le poste intéressé. Dans le jour, on peut isoler le thermomètre.

2° *Appareil électrique de correspondance*. — Cet appareil est destiné à mettre en relation les passages à niveau avec les postes voisins. Le garde-barrière en appuyant sur un bouton électrique placé sur un appareil à cadran, fait incliner l'aiguille d'un récepteur semblable placé dans le poste des signaux. Si un train est en vue ou annoncé, l'aiguilleur répond de la même façon au garde-barrière : « Fermez. » Celui-ci répond : « Je ferme. » Il peut aussi par une manœuvre semblable demander au poste s'il peut ouvrir sa barrière, et celui-ci répond : « Ouvrez. »

3° La Compagnie P.-L.-M. expose un deuxième système dû à M. Chaperon. L'appareil fonctionne à courant continu par les trépidations dues au passage des trains; une pédale trembleuse établit ou forme un circuit électrique qui fait sonner au passage à niveau, jusqu'à ce que le garde ait déclenché le relais en relevant le volet.

4° Enfin, cette Compagnie expose un troisième système dû à MM. Couard et Paget. Cet appareil est le même que celui qui a servi à mesurer la flexion des rails (ch. I^er^, § 6, 2°); mais qui est appliqué comme avertisseur de passage à niveau.

5° *Cloches électriques*. — Les cloches sont décrites dans le compte rendu de l'Exposition d'électricité de 1881. Ce sont des cloches Siemens montées sur colonnes sans abri. Elles permettent d'observer l'intervalle entre les signaux au moyen d'une boîte à signaux renfermant un cylindre qui est muni de chevilles donnant des contacts électriques. L'appareil se remonte en donnant de la tension au ressort au moyen d'une clef.

6° *Serrure électrique*. — Cette serrure est destinée à enclencher un signal qui ne doit être manœuvré qu'exceptionnellement. Le

pène de cette serrure est maintenu par un taquet qui rentre dans une encoche, et qui empêche d'ouvrir la serrure. Cette serrure renferme en outre un électro-aimant. Quand on veut faire fonctionner le signal, il suffit d'envoyer un courant électrique dans l'électro-aimant qui fait dégager le taquet et permet d'ouvrir la serrure. Lorsque, après avoir fait fonctionner le signal, on le remet à sa position primitive, le taquet retombe dans l'encoche et la serrure est de nouveau enclenchée.

7° *Télégraphes.* — La Compagnie P.-L.-M. expose les postes Morse qui ont été substitués aux appareils Bréguet ; une sonnerie Jousselin, et, enfin, ses postes à relais, système Claude.

Ces relais permettent d'intercaler dans le circuit d'un même fil, une série de postes, en laissant à ceux-ci la faculté de télégraphier à un autre poste quelconque. Chaque poste renferme un relais double, un rappel à deux cadrans, un récepteur et un manipulateur à double contact ; enfin, une sonnerie.

Pour communiquer entre eux, chaque poste ayant son numéro, il suffit de mettre l'aiguille du premier cadran à son numéro, et celle du second, au numéro que l'on veut appeler.

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE PREMIER

Voies et accessoires.

		Pages.
Voies en rails Vignole pesant 44,200 *kg* le mètre courant	Est	184
Traverses métalliques	d°	184
Voies entièrement métalliques	État	184
Divers éléments constitutifs de la voie courante actuelle	Midi	184
Voie en rails Vignole pesant 43,215 *kg* le mètre courant	Nord	184
Voie métallique renforcée en rails de 44 *kg* le mètre courant	Ouest	185
Voie consolidée en rails Vignole	d°	185
Voie en rails de 45 *kg* le mètre courant, éclisses, selles et traverses :	P.-L.-M.	186
Appareil sèrvant à mesurer le mouvement des rails	d°	186
Voies étroites en rails de 25 et 23 *kg* le mètre courant	Sud de la France	186
Voies diverses pour tramways		187
Rail Goliath	Étranger	187
Éclissage Wimby	d°	187
Rail Vignole de 42 *kg* le mètre courant	Pensylvanie	187
Chemin de fer aérien de MM. Fournier et Broca	Voies diverses	187
Monorail Lartigue	d°	187
Voie à fortes rampes (Funiculaire de Thonon à Brives)		187
Chemin de fer à crémaillère du Pilate. Voie système Abel		188
Traverses métalliques		188
Voie Souzée		188
Traverses en chêne Zéen, traverses en hêtre de Croatie, traverses en eucalytus	Bône à Guelma et prolongements	189
Tableau donnant la comparaison entre les éléments de la voie aux différentes Expositions universelles de 1867-1878-1889		190-191

CHAPITRE II

Appareils de sécurité, signaux et enclenchements, Block System.

Signal carré avec appareil de raccordement à plusieurs transmissions	Est	193
Balancier de désengagement d'un signal	d°	193
Désengageur à pédale pour fermeture automatique des signaux	d°	193
Potence pour signal de 4 *m* en rails Vignole et en poutres en treillis	État	193
Contrôleur Metzger	d°	193
Appareil Saxby, type État, avec enclenchements électriques	d°	194
Enclenchement Viguier modifié	d°	194
Enclenchement économique de signaux, système Gourguechon	d°	194
Appareil de plusieurs signaux par un seul levier	Midi	194
Appareil d'enclenchement d'un signal fixe avec une aiguille	d°	195
Appareil d'enclenchement d'un signal fixe avec un arrêt mobile	d°	195
Appareil d'enclenchement conditionnel à verrou courbe et à table horizontale à 12 leviers	d°	195

			Pages.
Appareil d'enclenchement à verroux courbes, à table verticale à 20 leviers	(	Midi	) 195
Appareil de déclenchement pour fermeture automatique des disques, système Lobros	(	d°	) 195
Signal d'arrêt à montant unique, avec verrou de calage	(	Nord	) 196
Indicateur tournant de bifurcation éclairé par transparence	(	d°	) 196
Indicateur de direction d'aiguille à bras horizontal	(	d°	) 196
Indicateur de position d'aiguille en pointe	(	d°	) 196
Voyant de signal d'arrêt sur potence métallique	(	d°	) 196
Compensateur pour transmission de disque à un seul fil	(	d°	) 197
Appareil d'enclenchement à 5 leviers	(	d°	) 197
Appareil retardateur pour manœuvre d'un disque à distance et le verrou de calage d'un pont tournant	(	d°	) 197
Appareils de transmissions multiples, avec désengageur circulaire	(	d°	) 197
Block system	(	d°	) 197
Appareil à pétard de M. Lirard	(	Orléans	) 197
Appareil Beaudu	(	d°	) 198
Electro sémaphore Lartigue perfectionné par M. Guillot	(	d°	) 198
Block system. Cantonnement électrique et cantonnement mécanique, avec enclenchement des leviers de manœuvre, type 1889, employés à la gare Saint-Lazare	(	Ouest	) 198
Automoteur Aubine	(	d°	) 199
Signal carré monté sur colonne en fonte	(	P.-L.-M.	) 199
Sémaphore de Block system	(	d°	) 199
Disque automoteur Aubine	(	d°	) 199
Enclenchement Saxby modifié	(	d°	) 200
Enclenchement Viguer	(	d°	) 200
Block system P.-L.-M.	(	d°	) 200
Contrôleur de signaux	(	d°	) 200
Avertisseur électrique, système de Baillehache	(	Divers	) 201
Discophore de Courval	(	d°	) 201
Commutateur Ducousso	(	d°	) 201
Disque électrique Dumont	(	d°	) 201
Appareil Flamache	(	d°	) 202
Automoteur Aubine	(	d°	) 202
Appareil Leblanc et Loiseau (Block system)	(	d°	) 202
Appareil Leloutre (Block system)	(	d°	) 202
Appareil Leroy (Block system)	(	d°	) 202
Société des Usines métallurgiques de Marquise	(	d°	) 202
Appareil Mors Rodary (Block system)	(	d°	) 202
Appareil Sauvajon (Block system)	(	d°	) 202
Enclenchement Saxby	(	d°	) 203
Grand-Central Belge. Enclenchements	(	d°	) 203
Appareil Timmis, Block system	(	d°	) 203
Block system. London and North Western Railway	(	d°	) 203

CHAPITRE III

Déviations de voie, changements et croisements, Appareils spéciaux.

Déviation de voie avec cœur en acier coulé posé sur traverses métalliques	(	État	) 204
Appareil de manœuvres des aiguilles à distance par fils	(	d°	) 205
Appareil de manœuvre et calage d'aiguille par un seul levier attelé à un changement de voie à aiguilles à patin	(	Midi	) 205

Verrou à ressort pour manœuvre des aiguilles actionnées par fils . . . . . (Nord) 205
Contrôleur d'aiguille de changement de voie, système E. Sartiaux . . . . . (d°) 205
Manœuvre électrique des aiguilles à distance . . . . . (d°) 206
Verrou aiguille, système Poulet, actionné par transmission rigide . . . . . (d°) 206
Pédale Barbier, pour faciliter la manœuvre des aiguilles à contrepoids rivé . . . . . (Orléans) 206
Manœuvre et verrouillage des aiguilles par transmissions funiculaires. . . . . (d°) 206
Manœuvre des aiguilles à distance. . . . . (P.-L.-M.) 206
Manœuvre et verrouillage d'aiguille, système Dujour. . . . (d°) 207
Manœuvre et calage des aiguilles, appareil Saxby . . . . . (Divers) 207
Contrôleur d'aiguille, système Chaperon . . . . . (d°) 207
Manœuvre des aiguilles à distance par le procédé de MM. Bianchi et Servettaz. . . . . (d°) 207
Calage des aiguilles, appareil de M. Millet. . . . . (d°) 207
Prise en talon des aiguilles verrouillées, appareil de M. Petitbon . . . . . (d°) 207
Contrôleur d'aiguille, système de MM. Richard et Poirsin . (d°) 208
Verrouillage des aiguilles par le simplex R patent Syndicat. (d°) 208

CHAPITRE IV

Voies étroites et tramways.

Dédoublement des voies à 4 rails . . . . . (Nord) 209
Déviation de la petite voie seule, les 4 rails restant continus au delà de la bifurcation . . . . . (Sud-France) 209
Déviation de la grande voie seule, les 4 rails restant continus au delà de la bifurcation. . . . . (d°) 210
Déviation des 2 voies à la fois, les 4 rails restant continus au delà de la déviation . . . . . (d°) 210
Manœuvre automatique des aiguilles, système Delettrez 210
Plaque tournante pavée sans saillie, système Delettrez 211

CHAPITRE V

Chariots, plaques tournantes, barrières et clotures, gabarits de chargement, alimentation.

Treuil fixe pour manœuvre de chariot roulant avec fosse. . (État) 211
Barrière à contrepoids manœuvrée à distance. . . . . (d°) 211
Clôture métallique . . . . . (d°) 212
Chariot transbordeur à niveau . . . . . (Midi) 212
Plaque tournante de 14 mètres de diamètre. . . . . (Nord) 212
Treuil enclenché actionnant une barrière à pivot manœuvrée à distance par fils . . . . . (d°) 212
Chariot transbordeur de 6,50 *m*, manœuvré à bras ou par une machine de manœuvre . . . . . (d°) 212
Chariot hydraulique avec plaque tournante. . . . . (Ouest) 212
Chariot transbordeur pour voitures et wagons. . . . . (Orléans) 213
Pont tournant pour locomotives . . . . . (d°) 213
Chariot transbordeur à niveau. . . . . (P.-L.-M.) 213
Gabarit de chargement métallique . . . . . (Grand-Central Belge) 213
Barrières métalliques . . . . . (d°) 213

CHAPITRE VI

Appareils de levage et de pesage.

Appareil pour charger les fûts	(	État	) 214
Pont à bascule de 20 tonnes, avec appareil de calage	(	Midi	) 214
Treuil électrique	(	Nord	) 215
Cabestan électrique pour la manœuvre des wagons	(	d°	) 215
Grue roulante de 6 à 8 tonnes	(	Orléans	) 215
Monte-wagons hydraulique de 15 tonnes	(	Ouest	) 215
Dispositif pour le déchargement de la gaillette	(Mines de Courrières)		216
Pont à bascule, système Guillaumin	(Sté anon. de Voiron)		216

CHAPITRE VII

Petit matériel des gares.

Pont de chargement roulant	(	État	) 216
Brouette à bagages métalliques	(	d°	) 217
Poulin de chargement en tôle emboutie	(	d°	) 217
Casier pour distribution de billets à voyageurs	(	Nord	) 217
Casier à étiquettes pour bagages	(	d°	) 217
Machine à fabriquer les billets, système Ravasse			217
Composteurs à billets et boîte à finances, de M. Klein			217
Composteur à billets, système Karl Danner			217

CHAPITRE VIII

Appareils divers.

Contrôleur de vitesse des trains, système Hubon	(	Est	) 217
Contrôleur de vitesse des trains, système Bourguion	(	d°	) 218
Cloche électrique et indicateur	(	d°	) 218
Appareil d'unification de l'heure	(	d°	) 218
Transmetteur à contact pour récepteurs électriques	(	d°	) 219
Trompe d'appel électrique	(	État	) 219
Appareil de correspondance	(	d°	) 219
Contrôleur de vitesse des trains	(	d°	) 220
Chronométrie	(	d°	) 220
Postes télégraphiques	(	Midi	) 220
Avertisseur de gare	(	Nord	) 220
Avertisseur à lanterne mobile	(	d°	) 220
Avertisseur Clémandot	(	d°	) 221
Contrôleur de désengageurs	(	d°	) 221
Contrôleur de signaux	(	d°	) 221
Postes télégraphiques à 2 et 3 directions	(	d°	) 221
Appareil de correspondance	(	Orléans	) 221
Contrôleur de vitesse des trains	(	d°	) 221
Photoscope	(	P.-L.-M.	) 222
Appareil électrique de correspondance	(	d°	) 222
Cloches électriques	(	d°	) 222
Serrure électrique	(	d°	) 222
Télégraphes	(	d°	) 223

OBSERVATIONS CRITIQUES

SUR LE

PROJET DU CANAL MARITIME DE LA SEINE

ENTRE

ROUEN ET PARIS

Présenté par la Société d'études de Paris-Port de mer

SES DANGERS — SON INUTILITÉ

PAR

M. Ed. BADOIS

AVANT-PROPOS

La Société des Ingénieurs civils a la bonne fortune d'être souvent mise au courant des grands travaux qui préoccupent l'opinion publique par les auteurs eux-mêmes de ces conceptions.

C'est ainsi que M. l'Ingénieur Bouquet de la Grye, membre de l'Institut, vient de lui exposer son projet pour l'exécution d'un canal maritime dans la Seine, entre Rouen et Paris, et la création d'un port de mer à Paris.

Ces communications sont toujours courtoisement discutées, et les critiques qu'elles font naître se manifestent avec toute indépendance et en toute liberté, chacun des membres de la Société restant responsable de l'opinion qu'il exprime.

On peut rappeler, par exemple, que, lors de la discussion du projet de percement de l'isthme de Panama, plusieurs membres se sont associés à la voix autorisée de M. Cottard pour formuler les réserves qu'appelait le projet du Canal interocéanique, sans écluse, dans un pays où l'eau d'alimentation ne manquait pas,

puisque le pluviomètre y accuse 2 *m* de hauteur par an ; il fut représenté au vénéré promoteur du canal de Suez que les deux entreprises n'avaient rien de commun et que ce n'était pas 600 millions de dépenses qu'il fallait prévoir à Panama, mais bien au minimum 1,300 millions, sans compter les aléas.

Il en a été de même lorsque le commandant Roudaire venait nous développer la conception d'une mer intérieure algérienne, en faveur de laquelle nous avons osé douter que les mètres cubes de sables chemineraient poussés par l'eau et à peu près de leur propre entraînement pour déblayer un canal de plus de 200 *km* de longueur.

Aujourd'hui, il me semble nécessaire de faire apparaître les dangers que présente le projet de Paris port de mer et aussi son inutilité.

Ce projet, qui tend à transformer la Seine en canal maritime depuis Rouen jusqu'à Paris, n'a pas, d'ailleurs, conquis l'approbation unanime des hommes techniques, bien s'en faut. Les Ingénieurs en chef de la navigation de la Seine l'ont déclaré périlleux et inutile. Le Conseil général des Ponts et Chaussées a été de leur avis. L'un de nos maîtres et ancien Président, dont je respecte l'anonyme, l'a critiqué et dénoncé comme irréalisable (1).

Mon entière conviction est qu'ils ont raison, et que, pour donner à Paris les avantages que l'on prétend lui offrir, il existe d'autres solutions qui auraient au moins le mérite de ne rien détruire.

On ne peut d'ailleurs qu'être frappé d'un rapprochement qui s'est imposé à mon esprit : nous avons tous admiré l'œuvre du port de la Pallice, construit de toutes pièces à 8 *km* du port de La Rochelle vers la mer, et nous avons applaudi de tout cœur au succès de l'Ingénieur éminent, M. Bouquet de la Grye, qui, par sa persévérance, en a été certainement le créateur. Pourquoi donc, dans la Charente-Inférieure, au lieu de créer un simple canal maritime de 8 *km* pour amener les navires à La Rochelle, l'auteur a-t-il proposé de créer un port plus avant dans la mer et non dans l'intérieur des terres?

Pourquoi dans la Loire-Inférieure n'avoir pas transformé la Loire en canal maritime sur 60 *km* pour conserver le port de Nantes qui décroît tous les jours, et avoir créé le port de Saint-Nazaire avec le succès que l'on connaît?

(1) Examen critique du pfojet de Paris port de mer, chez Baudry et C^ie^.

Pourquoi dans la Gironde n'emploie-t-on pas tous les moyens, tous les capitaux nécessaires pour conserver au port de Bordeaux son importance, au lieu de projeter la création d'installations maritimes à Pauillac plus près de la mer?

Il paraît y avoir là une loi fatale et mystérieuse, tout à fait en contradiction avec les avantages invoqués en faveur du prolongement des parties maritimes des fleuves vers l'intérieur des terres.

La navigation maritime ne doit-elle pas s'arrêter rationnellement là où cesse la mer ou tout au moins où finit le régime maritime et où commence le régime fluvial?

Ces faits sont de nature à faire réfléchir profondément sur le cas du canal maritime de la Seine, car si ce projet qu'on veut être d'utilité publique offre des dangers pour la région intéressée, s'il doit être une œuvre absorbant inutilement une partie des ressources sans créer une ample plus-value des richesses du pays, on doit l'écarter avec résolution, et cela au nom même des sentiments patriotiques.

Nous sommes à une époque, en effet, où la lutte entre les nations est tellement ardente et sérieuse qu'il est de notre devoir impérieux de ménager toutes les forces actives de la patrie et de ne pas les disperser en des œuvres de luxe ou superflues, car avec les ressources ainsi anéanties ou immobilisées on pourrait faire d'autres créations utiles à la défense ou à la grandeur de la France qu'on ne saurait avec trop de bonheur retrouver au moment opportun.

C'est sous l'empire de ces sentiments que je viens exposer mes craintes et mes doutes sur le projet de Paris port de mer.

Qu'il me soit permis de rappeler que, dès 1875, dans une étude publiée dans les *Mémoires* de la Société sur l'amélioration des voies navigables, j'exprimais l'idée qu'il y avait alors urgence à reprendre la question des rivières et des canaux et que les travaux devaient être conçus et dirigés surtout d'après un plan général, avec la conviction profonde qu'il faut créer un ensemble de très grandes voies de transit et non des canaux d'intérêt local. C'était d'ailleurs le programme de M. l'Ingénieur Krantz.

Et j'ajoutais : « Que Paris soit port de mer si l'on veut, mais que » ce soit à la fois sur la Manche, sur l'Océan, sur la Méditerranée » et sur la mer du Nord.

» Je n'entends pas dire que les grands navires de mer doivent

» parcourir eux-mêmes la France, ce n'est nullement nécessaire ;
» ce qu'il faut absolument, c'est que des bateaux bien faits, d'un
» tonnage convenable, puissent suivre toutes nos lignes principales
» sans interruptions, sans entraves ni retards. »

Depuis cette époque de grands travaux ont été faits dans ce sens et de grands progrès ont été réalisés, il y a plaisir à le constater, et des indices certains témoignent sous ce rapport d'une amélioration notable.

Ces questions ont toujours été pour moi d'un grand intérêt ayant eu l'avantage de pouvoir les étudier autrement qu'en théorie, et de me familiariser avec elles à l'occasion de bon nombre de travaux sur les canaux et rivières, à l'exécution desquels j'ai participé, entre autres à l'isthme de Suez et sur la Seine. Ceci dit uniquement pour justifier mon intervention dans cette discussion.

Mon intention n'est pas de présenter ici toutes les objections qu'on peut faire contre le projet actuel de Paris port de mer, elles ont été présentées avec toute autorité par les Ingénieurs en chef de la navigation de la Seine, par les Inspecteurs généraux formant le Conseil général des Ponts et Chaussées, par les Assemblées départementales ou communales et Chambres de commerce opposantes, notamment celles du Havre, Rouen et Dunkerque.

Tous ces documents ont été publiés, et il ne me semble pas que les réponses qui ont été faites à ces objections par la Société d'études les aient détruites. Mais les rappeler toutes et les discuter à nouveau serait long et fastidieux.

Je bornerai donc mes observations à quelques points principaux choisis parmi ceux qui doivent intéresser plus spécialement notre Société d'Ingénieurs et qui, bien qu'indiqués dans certains documents que j'ai cités plus haut, n'ont pas à mon avis été mis suffisamment en lumière dans les rapports d'ensemble qui ne pouvaient évidemment entrer dans de trop grands détails.

I

DANGER DES MODIFICATIONS APPORTÉES PAR LE PROJET

au régime hydrologique et hydrographique de la vallée de la Seine.

La première chose à faire pour bien saisir les conséquences de ces modifications, c'est de les bien définir. Or, sous ce rapport, les documents fournis par la Société de Paris-Port de mer manquent de précision. On indique bien le tracé et le profil du nouveau canal, on affirme sommairement que les nouveaux plans d'eau s'éloignent peu de l'état ancien de la Seine ; mais, pour en faire utilement la comparaison avec ce qui existe actuellement, il faut se livrer à un travail très attentif et très soutenu si l'on n'a pas sous les yeux le diagramme des divers profils reportés les uns sur les autres.

Pour éclairer la discussion, j'ai fait dresser ce diagramme comparatif de telle façon qu'il présente à la fois plusieurs éléments importants, savoir :

1° Le profil ancien du lit de la Seine entre Rouen et Paris ;

2° Le profil actuel du même lit modifié par les dragages faits pour obtenir 3,20 *m* de tirant d'eau ;

3° Le profil du lit du canal maritime projeté ;

4° L'indication des retenues d'eau anciennes et actuelles ;

5° La même indication pour les plans d'eau du canal maritime ;

6° La ligne de l'étiage de 1840, qui est resté jusqu'à présent le plus bas étiage du siècle et peut être considéré comme exceptionnel ;

7° La ligne de la crue de 1876 ;

8° Le profil des berges actuelles de halage ;

9° Le profil du premier bief de l'ancien projet de M. Bouquet de la Grye, qui consistait comme on le sait à creuser un canal à niveau jusqu'à Poissy.

Enfin, à ces indications résultant des documents officiels, j'en ai ajouté d'autres qui seront expliquées plus loin.

J'ai reproduit également deux profils en travers. Ils s'appliquent à des points particuliers du tracé et m'ont paru très instructifs.

Le premier est pris à l'aval du barrage de Méricourt, le second en aval du confluent de la rivière d'Eure. Ils montrent l'un et l'autre l'abaissement des plans d'eau, et la réduction considérable de la largeur du débouché en ces points au niveau des retenues : la surface d'eau dans le premier n'est plus que de 60 *m* au lieu de 175 *m* et dans le second de 120 *m* au lieu de 220 *m*.

Ayant ces profils sous les yeux il sera plus facile de suivre la discussion.

Au sujet de ces tracés, je dois répondre par avance à une protestation qu'on ne manquera pas de faire en faveur du canal maritime ; M. Bouquet de la Grye accorde au plan d'eau des deux principaux biefs une pente, tandis que je le suppose de niveau, d'accord en cela avec le Conseil général des Ponts et Chaussées.

Il n'est pas douteux, dès qu'il y a écoulement d'eau, qu'une certaine pente soit nécessaire ; mais il est non moins évident que dans le bief de Vernon, par exemple, les pentes varieront beaucoup dans la longueur suivant le débit, les conditions du lit et les vitesses aux différents points du parcours, suivant aussi les lâchures faites journellement aux barrages d'amont et d'aval qui abaisseront ou relèveront constamment les niveaux théoriques, et souvent d'une manière non concordante, aux deux extrémités.

De plus, le phénomène connu du ressaut superficiel s'y produira avec une certaine intensité, en raison de ce que la section mouillée près de Poses sera au moins quadruple de celle près de Méricourt, et que, par conséquent, la vitesse moyenne sera bien plus grande à l'amont qu'à l'aval du bief.

La surface de l'eau suivra donc une ligne courbe à longues ondulations, dont les inflexions aux points bas seront souvent au-dessous de la ligne de pente générale, et il m'a paru sage et prudent de ne compter pour la tenue moyenne sur toute la longueur que sur le plan d'eau horizontal correspondant au niveau théorique de la retenue d'aval.

Changements apportés au régime hydrologique.

J'appellerai d'abord l'attention sur la modification apportée au régime hydrologique de la vallée de la Seine. Et, pour bien mettre en évidence l'importance du danger que j'entrevois par suite de cette modification, je comparerai d'abord l'état actuel

avec ce qu'il aurait été dans le projet primitif d'un canal à niveau jusqu'à Poissy.

Ce projet a été, dans son temps, discuté à la Société des Ingénieurs civils, en 1882; je n'y insisterai pas puisque l'auteur y a renoncé pour plusieurs raisons, dont la principale paraît être la trop grande dépense qu'il eût exigé. Cependant M. Bouquet de la Grye ne m'en voudra pas de le rappeler, puisqu'il semble n'y avoir renoncé qu'à regret et qu'il prévoit même dans l'avenir la réalisation plus ou moins complète de cette conception (1).

Or, nous voyons qu'entre Poissy et Andrésy le plan d'eau aurait été abaissé de 15 à 16 *m* et que le lit aurait été approfondi de 18 à 19 *m*. Cette différence considérable décroîtrait naturellement jusqu'à Pont-de-l'Arche, mais là encore il y aurait un abaissement du plan d'eau de plus de 2 *m* et un approfondissement du lit de plus de 5 *m*.

Pour se rendre compte des conséquences de cet état nouveau au point de vue du régime des sources et des eaux souterraines de la région, il est nécessaire de ne pas perdre de vue la constitution géologique de cette partie du bassin de la Seine.

D'une manière à peu près générale, entre Mantes et Rouen, la vallée de la Seine et les vallons des cours d'eau qu'elle reçoit, (l'Eure et ses affluents, l'Andelle, le Gambon, l'Epte) sont assis sur une base de calcaire marneux à rognons de silex peu perméable qnoique souvent traversée de fissures. Sur cette base très mouvementée par le fait des érosions géologiques repose une couche détritique plus ou moins importante atteignant jusqu'à 5 et 6 *m* d'épaisseur dans les points bas, et composée de graviers perméables où coulent avec lenteur les eaux souterraines vers le thalweg principal de la Seine.

Cette couche est recouverte par la terre arable argileuse, qui n'a en général que peu d'épaisseur. On vérifie cette constitution en bien des points : l'Avre, l'Iton, l'Eure ont des cours d'eau souterrains qui absorbent en partie, souvent même totalement, leur débit (2).

J'ai constaté moi-même ces faits, à Évreux en particulier, dans une galerie de captation que j'ai eu à faire pour l'alimentation en eau potable de cette dernière ville; on y a mesuré une vitesse

(1) Avant-propos du Rapport sommaire.

(2) La contrée montre aussi un assez grand nombre de bétoires, espèces d'entonnoirs où les eaux de surface s'engouffrent pour suivre un cours plus ou moins irrégulier dont M. Ferray, d'Évreux, a donné, pour la perte de l'Iton par exemple, une description fort intéressante.

d'écoulement du courant souterrain de plus de 0,01 *m* par seconde.

Cela dit, on aperçoit tout de suite la corrélation qu'il peut y avoir entre le niveau de l'eau dans la Seine et le régime des eaux souterraines retenues dans toute la région et jusqu'aux points les plus élevés des vallons secondaires.

Un équilibre, en effet, s'est établi entre la quantité d'eau de pluie qui tombe et celle qui s'écoule vers le fleuve. Pour une partie, ces eaux coulent à la surface et sont dirigées immédiatement en aval, le surplus est absorbé par le sol et descend dans la couche de graviers sous-jacente, où ces eaux sont retenues longtemps avant de parvenir à la rivière.

Pour les unes et les autres, la durée du séjour sur ou dans le sol dépend du niveau d'eau au point où elles aboutissent, car la vitesse de leur écoulement est fonction de la pente totale qui leur est laissée.

Or, les eaux de surface sont les eaux industrielles, elles créent les forces motrices et servent à la petite navigation. Elles sont aussi agricoles, étant employées dans certains cas aux irrigations.

Les eaux souterraines sont celles qui font surtout la valeur agricole du sol en entretenant l'humidité nécessaire aux racines des plantes qu'elles nourrissent.

Cet équilibre séculaire dont je parle a créé la richesse de la Normandie ; il lui permet d'avoir des prairies comme on en rencontre rarement ailleurs et des forces motrices hydrauliques nombreuses.

Abaisser les plans d'eau qui maintiennent cet équilibre, c'est détruire en partie toute cette richesse, car c'est faciliter l'écoulement rapide des eaux de pluie, soit par les issues superficielles, soit par les issues souterraines, puisque c'est augmenter la chute à l'aval, donc la pente générale et la vitesse du courant de proche en proche. Et comme cet abaissement du niveau serait permanent, que son action produirait un drainage constant des terres, il en résulterait un asséchement progressif et inévitable, destructeur à la longue de toute culture et de toute industrie, et de riches provinces se trouveraient ainsi transformées en terres arides.

Ce qu'il y aurait de pis pour la malheureuse contrée exposée à cette ruine, c'est qu'elle ne s'apercevrait du dommage que trop tard et que même elle pourrait l'attribuer à d'autres causes.

Comment, en effet, un cultivateur d'une instruction moyenne songerait-il à rattacher le dépérissement de son champ, la teinte

jaune de son pré, à un abaissement du lit de la Seine et du niveau de ses eaux; et comment pourrait-il le démontrer et par conséquent s'en faire indemniser?

Afin d'être complet et de ne laisser dans l'ombre aucun des faits hydrologiques que j'estime avoir, au point de vue qui nous occupe, une plus grande influence que celle qu'on leur attribue, je dois encore, malgré la longueur de cet exposé, parler d'un autre phénomène qui, s'il n'atteint pas autant la région des cours d'eau, intéresse au moins celle des plateaux qui avoisinent la Seine, notamment dans la partie comprise entre Mantes et Conches, justement celle qui correspond au futur bief de Vernon du projet de Paris port de mer.

On remarque, en effet, en parcourant le chemin de fer de Cherbourg, que la ligne traverse à partir de Bréval une série de dépressions, de cirques, quelquefois très nettement dessinés, qui se succèdent et qui n'offrent aucune apparence d'écoulement d'eau.

Et cependant les eaux qui tombent sur ces surfaces vont quelque part. Elles s'infiltrent dans le sous-sol calcaire de ces dépressions, sortes de vastes bétoires creusés par les érosions des époques géologiques et y rencontrent la plupart du temps les fissures dont j'ai parlé et que les puisatiers rencontrent souvent à d'assez grandes profondeurs.

Au Neubourg, par exemple, un puits présente une de ces fissures à 60 *m* de profondeur, où l'eau a un courant très sensible et un débit de plusieurs litres à la seconde (1). A Yvetot, un puits semblable offre un phénomène analogue à une profondeur plus grande.

D'un autre côté, dans la Seine se rencontrent de nombreuses sources calcaires qui jaillissent dans le fond du lit et qui forment des concrétions mamelonnées atteignant souvent des dimensions importantes, gênantes pour la navigation et qu'il faut draguer. Ces sources sont mises en évidence lorsque l'on construit en Seine des ouvrages d'art nécessitant des épuisements. Un faible abaissement du plan d'eau, 0,40 *m* ou 0,50 *m*, suffit pour les faire apparaître. M. Boulé a signalé le fait à Bougival et à Marly; on ne serait pas embarrassé d'en citer nombre d'exemples à Port-Villez, à la Garenne, à Poses, à Saint-Aubin.

(1) Dans ce puits, nommé le puits Samson, l'eau renferme une très forte proportion d'oxygène et a été l'objet d'un mémoire présenté à l'Académie des Sciences par M. Jacquelin.

M. Bouquet de la Grye connait bien ce phénomène, puisqu'il l'a invoqué ici même en 1882, lors de la discussion de son premier projet de canal à niveau, pour répondre à une objection qui lui était faite par M. Cottard ou par M. Vauthier au sujet du débit élevé qu'il avait adopté (150 m^3 à Saint-Aubin) pour le débit d'étiage de la Seine, au lieu des chiffres de 65 m^3 et 90 m^3 que l'on admet au maximum respectivement à Mantes et à Saint-Aubin.

M. Bouquet de la Grye défendait son chiffre en disant qu'en abaissant le plan d'eau en aval, les sources feront augmenter le débit en amont.

Cet effet se produira avec d'autant plus d'intensité que non seulement le plan d'eau se trouvera abaissé, mais aussi que les dragages écrêteront le sol calcaire et détruiront la couche de gravier assez compacte qui forme le lit de la Seine et qu'un colmatage de plusieurs siècles a rendu plus résistante au passage des eaux venant du fond. Ces sources n'ayant plus à vaincre que la pression hydrostatique afflueront avec beaucoup d'abondance.

Eh bien! ces sources qui amèneraient dans la Seine un supplément de débit de 60 m^3 au moins par seconde, soit à peu près autant que le débit d'étiage à Mantes, où prennent-elles naissance? Justement, suivant moi, dans le sous-sol calcaire plus ou moins fissuré des terrains en question, dans cette partie des plateaux du département de l'Eure, qui se trouvera asséchée tout comme celle où circulent les cours d'eau visibles.

On est donc autorisé à conclure que toute la région que nous considérons verrait ses eaux souterraines ou superficielles fuir vers le thalweg de la Seine en grande abondance, par suite de l'abaissement des plans d'eau et par conséquent subirait un assèchement certain, au grand détriment de son agriculture, de son industrie et de son alimentation en eau potable et ménagère.

Ces conséquences désastreuses ne sauraient véritablement faire doute dans le cas du projet de canal à niveau jusqu'à Poissy pour un abaissement général du plan d'eau sur toute la longueur, passant de 2 *m* à 15 *m*, produisant par conséquent une dépression qui atteindrait 1 atmosphère et demie, et pour un creusement du lit allant de 5 *m* à 18 *m*.

Le résultat serait tellement évident qu'il n'était pas nécessaire de chercher d'autre raison pour faire rejeter ce projet de prime abord et d'une manière absolue.

En est-il de même avec le nouveau projet remontant à Clichy

au moyen de quatre écluses? J'en suis absolument convaincu, bien que les plans d'eau soient notablement relevés et quoique M. Bouquet de la Grye prétende que le nouveau profil s'éloigne très peu des conditions anciennes de l'étiage de la Seine.

Regardons donc maintenant le profil comparatif du nouveau projet et constatons d'abord que le confluent de l'Eure, à Pont-de-l'Arche, reste dans les mêmes conditions par le fait de la suppression de la retenue de Martot et du maintien de la coupure d'Oissel. Il y a encore là abaissement du niveau de près de 2,50 *m* par rapport à la tenue actuelle et même de plus de 2 *m* par rapport à l'étiage de 1840, et il y a encore approfondissement du lit de plus de 5 *m*.

Constatons ensuite que, dans le bief projeté de Vernon, il y aurait, sur 40 *km* entre la Garenne et Méricourt, des dénivellations d'eau que je considère comme considérables encore.

De la Garenne à Port-Villez, la retenue descendrait de la cote 11,10 à 8,45, soit un abaissement de 2,65 *m*, qui correspond à Port-Villez à une différence de 2,50 *m* avec l'étiage de 1840.

De Port-Villez à Méricourt, la retenue descend de la cote 13,43 à 8,45, soit autant dire de 5 *m*, correspondant à une différence de 4 *m* à Méricourt avec l'étiage de 1840.

Ainsi le projet de Paris port de mer créerait une dépression hydrostatique sur les points d'épanchement des eaux souterraines et des sources variant de 1/4 à 1/2 atmosphère sur cette étendue de 40 *km*.

D'autre part, le creusement du lit atteindrait 8 à 9 *m* auprès de Méricourt.

Il y aurait, en outre, un abaissement du plan d'eau de 1,76 *m* entre Meulan et Poissy sur 19 *km*, et un creusement du lit de plus de 5 *m* à Poissy.

Il n'est pas douteux que ces conditions nouvelles entraîneraient les conséquences redoutables que j'ai cherché à montrer.

De telles éventualités, aussi funestes pour la richesse agricole et industrielle et pour la vie d'une province, ne sont-elles pas de nature à faire réfléchir et ne constituent-elles pas une impossibilité réelle à l'exécution du projet que nous discutons?

Changements apportés au régime hydrographique.

Examinons maintenant un autre ordre de faits et voyons quelles seront les conséquences probables du nouveau profil qui serait donné à la Seine pour le canal maritime projeté.

Si l'on considère attentivement le lit de la Seine tel qu'il résulte tant des derniers travaux que de ceux exécutés depuis quarante ans pour son amélioration successive, nous remarquerons avec quel soin tous les Ingénieurs qui se sont succédé ont respecté la forme et la pente générales de ce lit : les lignes du thalweg sont restées les mêmes, les emplacements des barrages ont été choisis avec la préoccupation constante et très sage de modifier le moins possible les conditions que la nature a créées depuis des siècles pour l'écoulement des eaux. Quelques seuils gênants ont été enlevés, quelques dragages peu profonds ont été exécutés à l'aval des barrages, dans la limite nécessaire pour assurer en ces points la profondeur voulue. Mais, en fait, en suivant des yeux la ligne du fond de la rivière, on a le sentiment bien net que cette ligne a été scrupuleusement conservée dans son ensemble. De telle sorte que si, par circonstance, on est obligé d'abaisser les barrages, ce qui est fréquent en cas de crue, moins fréquent, mais non exceptionnel, en temps d'étiage, le cours des eaux est rétabli, à très peu de chose près, comme si la canalisation n'existait pas, sans courants excessifs, sans chutes brusques et sans remous dangereux.

Voyons si ces précautions, indispensables pour la sécurité des ouvrages, des rives et de la navigation elle-même, sont observées dans le projet qui nous est soumis.

On est bien obligé de reconnaître qu'il n'en est malheureusement pas ainsi et que les dispositions prévues laissent place, à ce point de vue, à des éventualités redoutables.

Sans parler spécialement des coupures de Sartrouville et d'Oissel, le chenal du canal maritime est loin de suivre le thalweg naturel ; il le rencontre obliquement sur plusieurs points et se trouve souvent reporté d'une rive à l'autre, par suite des exigences du tracé, surtout aux environs des courbes ; l'inspection de la carte suffit à le démontrer.

Quant au profil en long, on constate, à première vue, les quatre grandes chutes qui se trouvent substituées, au droit des barrages, à la ligne de pente générale du lit, conservée si religieusement jusqu'ici ; ces chutes sont suivies de longues parties horizontales

dans l'étendue des biefs nouveaux. C'est le système des étages succédant à celui des pentes adoucies.

Les profils en travers montrent également des modifications profondes dans la forme et l'allure des sections d'écoulement et des périmètres mouillés.

Quelles seraient les conséquences de ces changements apportés dans la tenue des eaux et quelle serait l'allure nouvelle des courants? C'est un point important à examiner.

Je me garderai bien de revenir sur le rapport si compétent, lumineux et substantiel des Ingénieurs en chef de la Navigation de la Seine, et sur la discussion magistrale du Conseil général des Ponts et Chaussées; mais je me propose de développer ici deux considérations qui m'ont surtout frappé.

La première s'applique au nouveau régime des hautes eaux d'inondation.

M. Bouquet de la Grye insiste beaucoup, dans son rapport sommaire et dans les différentes brochures qui ont été publiées par la Société d'études, sur l'avantage qu'offre le projet de restreindre les effets des inondations causées par une grande crue, d'un volume analogue, par exemple, à celle de 1876.

Les eaux, pense-t-il, atteindront un moindre niveau et le rabais faible en amont ne sera pas moindre à Poissy de 0,83 *m* et de 1,51 *m* à Poses. Les eaux s'étendront moins au large et de ce fait un nombre respectable de kilomètres carrés seront soustraits à l'action des eaux, ce qui serait un bienfait.

Voilà la thèse. Est-elle bien exacte?

Il n'est véritablement pas possible de vérifier dans quelle mesure ces heureux effets se réaliseraient sans de minutieux et longs calculs dont les éléments nous manquent. Je dois dire néanmoins que les chiffres cités plus haut sont contestés par le service compétent. Les Ingénieurs font remarquer « que la section de la cunette du canal maritime ne représente pas au maximum plus de 12 0/0 de celle nécessaire à l'écoulement des eaux de crues semblables à celles qui se sont produites en 1876, 1882 et 1883 », et que, par conséquent, on ne saurait attendre de ces travaux un abaissement du niveau des grandes crues dans une bien large proportion.

Mais en admettant même comme probable le rabais indiqué par M. Bouquet de la Grye, à quel prix dans l'augmentation de la rapidité des courants ce résultat serait-il acquis? Car, enfin, il faut

bien que tout le volume d'eau s'écoule, et si pour cela il se contente d'une section moindre, il est de toute nécessité que l'autre élément du débit, c'est-à-dire la vitesse, prenne une plus grande valeur. Dès lors, d'autres points que ceux où le niveau s'abaisse ne seront-ils pas compromis par un surcroît de violence du fléau?

Pour en rendre compte, j'ai tracé sur la feuille des profils comparatifs une ligne représentant vraisemblablement celle que M. Bouquet de la Grye indique comme profil d'une grande crue d'inondation entre Poissy et Poses. Suivons-la; nous remarquerons d'abord que les seuils des barrages, constituant un obstacle fixe, les eaux subiront au passage de chacun d'eux un gonflement évident, qui sera suivi d'un rabais brusque correspondant à la partie profonde qui vient immédiatement après, d'où en ces points, création d'un rapide, d'un courant excessif et de remous très à craindre pour la stabilité des rives et des ouvrages eux-mêmes, surtout à Poissy et à Méricourt, par suite de la suppression partielle des seuils naturels que présentait l'ancien lit, à quelque distance en aval de ces barrages.

Nous remarquerons ensuite que le niveau de la crue, s'il se produisait suivant l'indication donnée, n'atteindrait plus, entre Port-Villez et Poses, les crêtes des berges de halage. Il n'y aurait donc plus là d'inondation, et le courant contenu entre les berges prendrait d'autant plus de vitesse. Mais, précisément, le fleuve est déjà très rapide dans cette partie, car on y rencontre à la Garenne une pente notablement supérieure à la pente moyenne du lit. Ces deux causes, agissant ensemble et toujours dans l'hypothèse admise d'un fort rabais en aval, détermineraient certainement une vitesse supérieure en ce point à celle de la crue désastreuse de 1876.

Quelle valeur prendrait cette vitesse?

Il est fort probable qu'elle dépasserait 3 *m* et même peut-être 4 *m* par seconde. Or, si le Danube traversant normalement avec une vitesse semblable les défilés rocheux des Portes-de-Fer n'y cause pas de grands dégâts, il n'en serait certes pas de même dans les alluvions de la Seine.

Mais poursuivons. Ce torrent impétueux, après un soubresaut au barrage de Poses, trouve la plaine de l'embouchure de l'Eure, il y arrive avec le volume total de la crue, n'ayant perdu que peu de chose par-dessus les berges dans les 83 *km* du bief de Vernon; malgré cela, le niveau ne s'élève pas beaucoup, parce que la plaine de l'Eure s'inonde et parce que les eaux trouvent devant elles deux

parcours au lieu d'un : la boucle d'Elbeuf et la nouvelle coupure d'Oissel. Mais là, le phénomène va s'inverser. Dans la coupure, le courant ne peut faire autrement que de reprendre toute sa violence, puisque la distance à parcourir n'est que de 3 1/2 *km*, tandis que par la boucle elle est de 20 *km*. Or, toute personne au fait de cette question sait avec quelle facilité l'eau, comme l'électricité, profite des courts circuits.

Donc, à la sortie de la coupure d'Oissel, tout le volume de la crue se retrouve sans atténuation et *plus grand qu'en 1876*, le niveau se relève en même temps que la vitesse augmente. Le flot grandit, il se précipite sur Rouen, inonde et balaye le faubourg de Saint-Sever, et reprend une nouvelle force en franchissant le rétrécissement de Grand-Couronne pour aller causer d'autres dommages dans le cours inférieur du fleuve.

Tel serait le tableau qu'offrirait, dans la boucle de Rouen, une crue d'inondation, surtout si, par un hasard funeste, elle coïncidait avec une grande marée de vives eaux, en septembre par exemple.

Il ne saurait être question, dans de pareilles circonstances, de navigation quelconque ; ce qui serait en cause et en danger, ce seraient la vie, les habitations et les propriétés des riverains de la Seine et en particulier de ceux de la cité rouennaise.

Je ne cite que pour mémoire les conséquences d'une pareille crue sur le canal lui-même : comblement partiel du chenal, avaries aux ouvrages, aux navires surpris, etc., tout cela a été dit, il me suffit de faire ressortir que l'ensemble de ces faits constitue une inconnue redoutable, des dangers certains, et, partant, une impossibilité réelle à l'exécution de semblables travaux.

La seconde considération que je voulais développer sur la modification du régime hydrographique s'applique à l'état que prendrait la rivière en temps d'étiage, si, par une circonstance quelconque, on était amené à abaisser à la fois tous les barrages.

Cette éventualité peut se présenter.

Pendant l'hiver, il est de règle dans le service de la navigation, afin d'éviter les embâcles de glace, d'ouvrir toutes les passes lorsque la température s'est maintenue à 6° au-dessous de zéro pendant vingt-quatre heures consécutives.

L'hiver dernier, par exemple, les barrages ont été abaissés pendant plus de six semaines pour cette cause.

En tout temps il peut se produire un accident, une rupture

aux ouvrages, qui nécessite l'ouverture générale ; c'est arrivé l'année dernière, par suite d'un accident au barrage d'Andrésy. Un bateau peut s'échouer dans une passe, et d'autres faits analogues peuvent se produire.

Voyons ce qu'il adviendrait dans ce cas, en particulier dans le bief de Vernon : à Méricourt, le volume d'étiage tiendrait entièrement dans la cunette du canal maritime qu'il ne remplirait même qu'à 5 *m* de hauteur environ. Le seuil de ce barrage étant à 2,50 *m* plus haut, on devine qu'il y aura là une véritable cascade à la tombée de l'eau venant du bief supérieur.

A la suite de cette chute, l'eau cheminera dans le chenal sans que son niveau atteigne le fond de l'ancien lit, qui serait mis à sec au moins jusqu'aux environs de Vernon.

Là, le profil en long du lit sera rencontré par la ligne d'eau que nous considérons, et seulement en aval de ce point l'eau s'épandra dans la rivière et trouvera dès lors une section beaucoup plus grande d'où résultera un abaissement du niveau qui continuera progressivement jusqu'à l'extrémité du bief, c'est-à-dire jusqu'au barrage de Poses où il ne restera plus que le tirant d'eau d'étiage de 1,50 *m* à 2 *m*. Cette hauteur d'étiage sera même moindre à cause de la chute qui se produira dans le bief de Rouen, dont le niveau normal est plus bas que le seuil du nouveau barrage de Poses.

Les biefs supérieurs présenteront des conditions analogues incompatibles avec toute navigation.

Que l'on suppose que le canal à ce moment-là contienne un certain nombre de navires calant 5 *m*, que deviendront-ils? Quelle figure feront alors les ports de Vernon, de Meulan, de Poissy et celui de Paris-Clichy sous l'effet d'un affaissement du niveau de 2,50 *m* à 3 *m* et des courants qui se produiraient? Il y aurait là de nouveaux dangers à craindre si le canal maritime de la Seine s'exécutait; ces dangers n'existent pas aujourd'hui pour la batellerie parce que les Ingénieurs ont respecté l'ancien lit avec beaucoup de soin ; que la ligne d'eau s'écarterait peu de l'ancien étiage; qu'en cas d'accident, les bateaux pourraient presque toujours flotter et qu'au surplus, il leur serait facile de se garer promptement.

On voit donc, en résumé, que, soit en basses eaux, soit en très hautes eaux, les nouvelles dispositions de la Seine seraient dangereuses, et qu'au lieu d'améliorer ses conditions actuelles, on les détruirait pour les remplacer par un état pire et inacceptable.

Pour suivre le programme que j'ai indiqué dans la séance du 26 juin dernier, j'aurais à démontrer que le projet de Paris port de mer nuit grandement aux relations présentes et futures de rive à rive de la vallée de la Seine. Il me faudrait rééditer toutes les plaintes, toutes les objections auxquelles donnent lieu les déviations des lignes de chemins de fer, la prétention inacceptable de couper les ponts de Rouen pour les munir de travées mobiles de 6 *m* de largeur destinées à remplacer les voies actuelles qui ont 20 *m*, la nécessité de couper tous les autres ponts-routes actuels ou à venir, la difficulté des communications résultant pour les riverains de l'abaissement des plans d'eau sur plus de 60 *km*, et la moindre commodité aussi de desservir leurs propriétés par la voie du fleuve.

Je n'insisterai pas, car cette partie de la discussion me paraît tout à fait épuisée, et j'aborde maintenant la seconde partie de ma communication.

II

LE CANAL MARITIME EST-IL UTILE ?

En présence d'aléas aussi formidables que ceux que l'on a vu s'esquisser tout à l'heure, y a-t-il au moins dans le projet proposé une utilité réelle, immédiate, incontestable, capable de compenser les nombreux inconvénients qu'il présente et de nature à justifier les efforts à faire pour surmonter les obstacles qui s'opposent à son exécution et pour parer aux dangers qu'il fait prévoir ?

La réponse me paraît devoir être négative et ressortir de l'examen des trois points suivants :

1° L'entreprise produira-t-elle les résultats que ses promoteurs en attendent ?

2° Les grands navires de mer pour lesquels le canal sera créé auront-ils intérêt à en faire usage ?

3° La Seine ne peut-elle pas rendre actuellement sans nouvelles dépenses les services demandés au canal maritime ?

1er POINT. — C'est dans l'espoir d'atteindre un but élevé et patriotique que les promoteurs du projet de Paris port de mer ont poursuivi leurs études et coordonné leurs efforts.

Il ne s'agit de rien moins en effet que de retenir en France le transit des provinces de l'Est, de l'Alsace et de la Suisse qui tend à lui échapper, attiré qu'il est du côté d'Anvers. Rendons hommage à ce grand sentiment et à ce désir généreux.

Mais n'est-ce pas une illusion de croire qu'il suffit pour cela d'amener les navires et les grands steamers à Paris ?

Notre collègue, M. Roy, dans une note présentée au cours de la discussion du premier projet de canal à niveau jusqu'à Poissy, a fait ressortir que pour établir des prix de revient à l'avantage du port de Paris, il a fallu que M. Bouquet de la Grye ne majorât en rien les prix pour manque de fret de retour et fît entrer, au contraire, dans les prix relatifs au port d'Anvers, ce manque de fret de retour pour 3,85 *f.* — Est-ce admissible ?

Il a fait voir aussi que, malheureusement pour nous, le transport des marchandises de Strasbourg à Anvers est, à l'heure actuelle, plus économique soit par les canaux, soit par les voies ferrées, que celui de Strasbourg à Paris par les voies semblables.

La différence est assez grande pour faire croire que pour Mulhouse et Bâle il n'y aurait pas encore égalité. C'est qu'en effet les voies navigables qui desservent le port d'Anvers jusque dans ces régions sont mieux aménagées que celles qui viennent sur Paris, qu'elles franchissent des faîtes moins élevés et présentent un nombre d'écluses beaucoup moindre.

Si, d'autre part, on considère la situation par rapport à la mer des deux ports Anvers et Paris, quelles différences ne voit-on pas à l'avantage du premier? Il n'est qu'à quelques dizaines de kilomètres de la mer et au même niveau, possède un chenal large et profond où les grands navires calant jusqu'à 8 *m* peuvent entrer à peu près en tout temps entraînés par le flot.

Paris, au contraire, est à 343 *km* du Havre, élevé de 27 *m* au-dessus du niveau de la mer, sur un fleuve sinueux et resserré ne pouvant admettre que des navires de 6 *m* à 6,50 *m* au plus de tirant d'eau.

Anvers est entouré d'une contrée éminemment industrielle à grande production métallurgique dont tous les produits d'exportation lui arrivent à peu de frais et lui sont acquis.

Paris est un grand centre de consommation, mais les marchandises d'exportation en sont éloignées et les productions industrielles de son rayon ne comportent pas un lourd tonnage.

Anvers est proche des ports anglais, hollandais et des pays du nord de l'Europe, ce qui lui procure un grand mouvement de

réexpéditions maritimes en laines, cotons ou grains auquel Paris ne saurait prétendre, car il serait absurde de supposer que des navires passant devant le Havre et Rouen amèneront jusqu'à la Capitale des marchandises à réexporter sur Londres, Liverpool ou Amsterdam.

Paris ne pourrait recevoir non plus les steamers transatlantiques postaux et à service régulier.

La situation que la nature a faite à Anvers sous le rapport maritime n'existera donc jamais, quoi qu'on fasse, pour Paris, et conséquemment on ne peut espérer d'un port dans cette ville les mêmes services rendus ni les mêmes frets à bon marché.

Dès lors les marchandises ayant à supporter des transports intérieurs plus onéreux et des frets maritimes plus élevés pour s'embarquer à Paris, se garderont bien d'y venir et il paraît très douteux que le but principal et fondamental de l'œuvre, celui de détourner le trafic d'Anvers, puisse se réaliser par la création d'un port de mer à Paris. Ce serait un problème à résoudre, à mon avis, par d'autres moyens.

2e POINT. — Mais, admettons momentanément l'hypothèse que, sans détourner complètement le commerce d'Anvers, le port de Paris, par son développement régulier et constant, ou par celui à prévoir, justifie l'exécution du canal maritime.

Les navires de mer auront-ils intérêt à en faire usage?

Cette question peut paraître paradoxale. Il n'en est rien. Car le steamer, le navire de mer sont faits, construits et aménagés pour naviguer sur mer ou sur le domaine maritime; lorsqu'ils en rencontrent la fin, leur rôle est terminé, ils n'ont rien à faire avec la navigation fluviale, pas plus que les bateaux de rivière n'auraient à faire avec la navigation maritime.

Cela se comprend d'ailleurs:

Un navire d'un millier de tonneaux qui se meut par la vapeur, comporte un personnel coûteux, est une chose importante et représente un gros capital.

L'armateur sait calculer ce que valent chaque jour et par tonneau de jauge l'intérêt et l'amortissement rapide de ce capital. Il n'a pas de plus grand souci que de réduire le nombre des journées perdues pour la navigation; c'est ainsi qu'il stipule le minimum pour les jours de planche, donnés au débarquement et à l'embarquement de la marchandise, et le maximum pour les

surestaries, c'est-à-dire aux indemnités en argent pour les jours passés en surplus dans le port et perdus pour la navigation.

Le bateau de rivière, bien que pouvant avoir un assez fort tonnage, jusqu'à 800, 900 et 1 000 *t*, ne représente, au contraire, qu'un capital restreint; il n'a pas de mâture, pas de machine en général pour se mouvoir: il se fait remorquer; le personnel se compose de trois ou quatre hommes au plus, quelquefois de la seule famille du batelier.

En résumé, tandis que, pour 1 000 *t* de jauge, le navire de mer bien aménagé constitue un capital de 500 à 600 000 *f* et des frais journaliers de 600 à 800 *f*, le même tonnage réparti sur des bateaux de rivière n'exige que la dixième partie de ces capitaux et frais journaliers, et souvent même beaucoup moins.

Le capitaine marin, comme l'armateur, redoute les pertes de temps et les parcours présentant des obstacles et des chances d'avaries. Il remontera volontiers du Havre à Rouen, parce qu'il se laissera aller au flot montant, qu'il profitera du reflux pour descendre, que chaque voyage ne lui prendra pas plus de six ou huit heures, qu'il trouvera à Rouen le quai dès son arrivée et pourra débarquer la minute d'après, tandis qu'au Havre il aurait à traverser trois ou quatre bassins avant d'aborder. Il le fera enfin, parce que, moyennant cela, il se fera payer un fret un peu plus élevé sans avoir sensiblement plus de dépense.

Le navire de mer transitera aussi par le canal de Suez, même au prix d'une taxe élevée, parce que, pour une journée de course ralentie, de sujétions, de précautions à prendre et de risques spéciaux, il abrège son voyage de quinze, vingt, trente jours.

Le même navire remontera sans doute aussi le canal de Manchester, qu'il pourra franchir en six ou huit heures, sans crainte de courant, de sautes de vent, de ponts tournants de faible ouverture à traverser.

Mais il ne s'engagera pas dans le canal de Rouen à Paris quand il apprendra qu'il doit remonter un courant fluvial pendant 185 *km*, traverser quatre écluses, rencontrer une trentaine de ponts, soit un tous les 6 *km* environ, qui s'ouvriront devant lui, il est vrai, mais devant chacun desquels il devra aussi ralentir, peut-être s'arrêter, prendre des précautions et des ordres et courir des chances d'avaries majeures, en raison du débouché réduit qu'ils offriront au navire.

Aucun long-courrier ne voudra naviguer dans un chenal res-

treint où il gouvernera mal, dans lequel, à cause des sinuosités du tracé et de la rencontre de vallées d'orientation différente, le vent changera en direction et en intensité toutes les demi-heures. Non seulement il lui faudrait tout le temps avoir à l'avant une ancre à disposition et à l'arrière une autre ancre à jet, mais il devrait aussi avoir un homme de vigie dans les hunes, pour apercevoir, même à petites distances, les bâtiments montant ou descendant et les trains de batellerie qui seront masqués par les berges dans les courbes, et surtout vers l'amont des biefs où le plan d'eau est abaissé, et qui, en tous cas, gêneront sa marche.

Qu'on ajoute à tout cela l'éventualité pour le navire d'être surpris soit dans le parcours, soit pendant le séjour au port, par une crue subite ou par un abaissement inopiné de tous les barrages, par une embâcle de glace, et d'être alors emprisonné pour quelques jours, peut-être quelques semaines, en pleine terre.

Qu'enfin, le capitaine, en présence de ces perspectives peu encourageantes, fasse son compte, il verra que son fret pour Paris ne sera pas (dans l'hypothèse la plus favorable au canal maritime) beaucoup plus élevé que pour Rouen, mais que, par contre, il aura à payer 3,25 *f* par tonneau pour entrer dans le canal maritime et encore 3,25 *f* pour en sortir.

Sa résolution sera alors bientôt prise : il restera à Rouen, et l'on peut être assuré qu'il en repartirait plutôt sur lest que de venir cueillir aussi chèrement le fret de retour que la Société de Paris-Port de mer lui affirme devoir trouver à Clichy et non pas à Rouen.

Donc, je crois pouvoir dire que les navires long-courriers et ceux du grand cabotage n'auront aucun intérêt à remonter jusqu'à Paris.

Il resterait les navires du petit cabotage ; mais ceux-ci ne calent généralement pas plus de 3 *m*, et ils peuvent, dès à présent, venir à Paris par la Seine actuelle, s'ils y trouvent intérêt, sans payer aucun droit spécial ni redevance pour emprunter cette voie navigable.

3e POINT. — Cela m'amène au troisième point énoncé, qui est de savoir si la Seine peut rendre actuellement et sans nouvelle dépense les services demandés au canal maritime projeté. Je suis pour ma part absolument persuadé qu'il en est ainsi.

On comprend que ces services s'entendent de ceux applicables à l'économie des transports.

Je viens d'indiquer que le tirant d'eau de 3,20 *m* permet l'admission des petits caboteurs. Ce qu'on ne sait pas assez, c'est que ces navires pourront arriver non seulement sur les quais de la Seine à Paris, mais même aux Docks de la Villette, lorsque les travaux en cours sur le canal de Saint-Denis, pour procurer le même tirant d'eau de 3,20 *m*, seront terminés; que les ponts et autres ouvrages permettent le passage de la voilure en général et que, d'ailleurs, il est facile de construire les mâts de ces bateaux en vue de les abaisser à volonté.

Voilà donc toute une catégorie de petits navires de mer qui n'ont pas besoin du canal maritime pour venir à Paris; et la preuve est en train de se faire par l'organisation d'une Société de navigation à vapeur qui annonce dans ses prospectus la création d'un service entre Paris, Brest, Nantes, Bayonne, par steamers de 60 *m* de long et 700 *t* de portée.

Les navires calant plus de 3 *m* ne peuvent pas, aujourd'hui, remonter au delà de Rouen ; mais les marchandises qu'ils portent peuvent le faire moyennant transbordement sur des bateaux ou des chalands appropriés.

On en construit en ce moment de 800 à 1 000 *t* de portée, au moyen desquels le transport à la remonte de Rouen à Paris ne coûtera pas plus de 2,80 *f* à 3 *f*, et à la descente pas plus de 2,20 *f* à 2,50 *f*, soit, pour aller et retour, 5 *f* à 5,50 *f* par tonne portée, tandis que la Société du Canal prendra d'abord un droit de 6,50 *f* par tonneau de jauge, en dehors de tous autres frais.

Les documents publiés par la Société d'études cherchent à faire ressortir que ce droit ne correspond en réalité qu'à 5 *f* par tonne portée, en moyenne, quand un navire de 1 000 *t* de jauge, par exemple, aura son plein chargement en lourd soit 1 500 *t* à l'aller et les 2/3 soit 1 000 *t* au retour. Mais des personnes très compétentes prétendent qu'on ne peut pas tabler sur ces estimations, car il est fort rare qu'un navire ait son plein chargement en lourd à l'arrivée au port et qu'il remporte plus du tiers au départ. Les moyennes fournies par les statistiques sont même moindres. Et de ce chef, ce n'est pas 5 *f* par tonne portée que représenterait le droit de 6,50 *f* par tonneau de jauge, mais bien 8,50 *f* au moins, en moyenne, comme cela est très clairement exposé dans l'*Examen critique* publié chez Baudry et Cie.

Donc la batellerie fera sûrement les transports entre Rouen e Paris et *vice versa* pour un prix net, inférieur aux droits seuls perçus à l'entrée et à la sortie du canal maritime.

En présence de cette constatation, de quel poids sont les arguments des défenseurs du projet relatifs à l'économie d'un transbordement, qu'il faudra toujours faire à Clichy sinon à Rouen, pour diviser la cargaison selon ses différentes destinations, et ceux relatifs à la cherté des commissionnaires, intermédiaires, courtiers, qui auront tout autant leur raison d'être à Paris qu'à Rouen et qui, par conséquent, ne seront nullement supprimés comme on le prétend.

Le coût de ces frais accessoires ne serait pas de nature, en tous cas, à enlever à la batellerie son avantage.

Peut-on dire que la Seine canalisée est insuffisante pour le tonnage à transporter? Évidemment non, car elle fait face déjà entre Conflans et la Briche à un mouvement de plus de 3 millions de tonnes, et elle n'est pas encombrée; le fût-elle, que par la construction de nouvelles écluses aux points nécessaires on pourrait doubler sa capacité de transport. On peut donc dire que cette capacité peut atteindre 6 à 8 millions de tonnes. Or, le trafic actuel n'atteint que 1 300 000 *t* entre Rouen et Conflans et 3 200 000 *t* entre l'Oise et Paris. Il y a, on le voit, une grande marge, équivalente à tout le trafic espéré par le canal maritime.

Je passe sous silence les avantages revendiqués par le nouveau canal pour la défense nationale et pour les causes morales invoquées de donner aux Parisiens le goût des voyages, en contemplant chez eux les navires, et autres faits du même genre. Si la Seine ne peut porter des vaisseaux cuirassés, elle pourrait porter des canonnières si besoin en était

. Et je conclus qu'avant de condamner ce qui existe comme étant insuffisant, il faut d'abord s'en servir, et tant qu'il ne sera pas démontré que l'état actuel ne répond pas aux légitimes désirs du commerce de Paris, il est sage de s'y tenir et il est inutile de le détruire sous prétexte de l'améliorer.

III

CONCLUSION

Telles sont les observations critiques que je voulais présenter sur le projet en discussion, et qui me paraissent démontrer son danger et son inutilité. Mais, dit la Société d'études de Paris-Port de mer comme principale raison pour justifier la concession qu'elle sollicite :

Nous ne demandons rien à l'État ; ni subvention ni garantie d'intérêt.

Pardon, dirons-nous à notre tour, vous demandez que l'État vous cède, de Rouen à Paris, la Seine tout entière, c'est-à-dire une portion fort importante du domaine public, pour en user à votre bon plaisir pendant un siècle.

Ce territoire considérable, de plus de 200 *km* de longueur sur 150 à 300 *m* de largeur, a une très grande valeur ; d'abord comme surface occupée sur le sol et comme emplacement, en second lieu comme travaux d'appropriation déjà effectués en vue de l'industrie des transports par voie d'eau et qui se chiffrent aujourd'hui par près de 100 millions de francs entre Paris et Rouen seulement ; en troisième lieu, comme outillage industriel national, permettant la circulation annuelle de plusieurs millions de tonnes de marchandises formant elles-mêmes un gros chiffre de transactions et faisant vivre une nombreuse population.

Voilà ce que vous demandez qu'on vous abandonne, c'est une assez belle subvention, je suppose ; vous demandez encore en propriété tous les terrains conquis et remblayés, les îles que vous agrandirez au détriment du libre écoulement des inondations, et enfin tous les droits de quai que l'État perçoit au profit du budget, et cela pendant cent ans. N'est-ce donc rien ?

Mais la Seine a encore une autre importance nationale par sa corrélation intime avec l'agriculture et l'industrie de toute une province ; elle peut être bienfaisante ou désastreuse selon que ses eaux seront bien ou mal aménagées, comme je l'ai indiqué dans la première partie de ce travail.

Et si, par impossible, un ministre, malgré l'avis de son Conseil technique en la matière, le Conseil général des Ponts et Chaussées, se laissait aller à concéder la *Seine industrielle*, il n'est vraiment pas à croire que le Parlement consentirait à aliéner les droits de l'État sur la *Seine, source de vitalité agricole* d'une partie de la France, ni sur la *Seine, fleuve*, pouvant engendrer des fléaux désastreux et des ruines publiques.

Il se trouvera vraisemblablement des jurisconsultes pour déclarer que ce domaine de l'État, qui par son essence est inaliénable et dont la propriété est imprescriptible, ne saurait être soumis à la loi d'expropriation de 1841, pas plus que la route nationale de Paris à Rouen ne saurait être expropriée en entier au profit d'une Compagnie de chemins de fer.

Si des aménagements nouveaux doivent être faits sur la Seine en vue d'une utilité publique bien prouvée et bien évidente, ce n'est pas une Compagnie, si honorable soit-elle, c'est l'État qui doit les faire, parce que lui seul serait en situation d'en conserver la pleine responsabilité, et de donner toute garantie, s'il en était besoin, aux revendications des populations ou des intérêts privés ou publics qui pourraient se trouver lésés.

Et maintenant, comme toute critique, pour se justifier, doit être accompagnée d'une indication de ce qu'il faudrait faire pour produire un résultat meilleur, voici en quelques mots les idées qui me paraissent découler de cette étude :

Dans ma pensée, les dévouements et les capitaux qui sont désireux de participer à une œuvre aussi grande, aussi noble que celle qui tend à constituer Paris la première capitale du monde, aussi bien comme centre du commerce que comme cité des arts et de l'élégance, devraient s'appliquer tout d'abord à mettre en valeur les éléments de prospérité que nous possédons déjà et d'en tirer tout le parti possible.

Il faudrait, je crois, pour cela garder la Seine telle qu'elle est, mais y développer les transports et le commerce ; créer à Paris de vastes docks avec entrepôts, bien aménagés, outillés et administrés ; créer des entrepôts correspondants à Rouen et même au Havre ; utiliser le fleuve pour les réunir et les desservir au moyen d'une marine spéciale, étudiée en vue du transport et des manutentions économiques, entre ces entrepôts, des marchandises de toutes sortes.

Il faudrait, en outre, obtenir des pouvoirs publics que les ports

du Havre et de Rouen soient pourvus au plus tôt de tous les avantages qu'ils peuvent comporter; obtenir aussi l'amélioration immédiate des conditions de navigation des canaux venant sur Paris, principalement de l'Est.

Le commerce de transit reprendrait alors la voie de Paris et du Havre ; la Seine montrerait sa puissance de trafic et on ne songerait plus probablement à la transformer en canal maritime.

Mais ce n'est pas tout. A mon avis, il faudrait encore jeter les yeux d'un autre côté de l'horizon et doter Paris d'une seconde grande voie navigable vers le Nord, qui le mettrait en relation directe avec la mer, soit par Dunkerque, soit par Boulogne, et lui amènerait de ces ports et de toute la région d'autres marchandises à meilleur compte que par les voies actuelles ; surtout nos houilles françaises qui n'auraient plus alors à redouter l'envahissement du marché parisien par les charbons anglais.

Ce programme plus modeste pourrait, si je ne me trompe, conduire par une voie plus pratique et plus sûre, et sans rien détruire, au but patriotique visé par le projet de Paris-Port de mer

CHRONIQUE

N° 140.

Sommaire : Statistiques de la durée des rails. — Pavage en briques. — Épreuves de ponts en Suisse. — Surchauffeurs de vapeur *(suite et fin.)*

Statistiques de la durée des rails. — M. le chevalier de Stockert, Inspecteur central du Kaiser Ferdinands Nordbahn, a publié dans l'*Organ* un travail très considérable sous le titre : « Contribution à la statistique des rails et étude de l'utilisation (durée), de l'usure et des ruptures des rails de chemins de fer, d'après les documents statistiques de la ligne Kaiser Ferdinands Nordbahn d'Autriche ». Nous devons à l'obligeance de notre ancien Président, M. A. Gottschalk, la communication d'un exemplaire du tirage à part de cet important mémoire.

L'auteur débute en rappelant que l'emploi des rails lourds est préconisé de divers côtés depuis plusieurs années. On en a eu une nouvelle preuve au troisième Congrès des chemins de fer, tenu à Paris en 1889, où la proposition de M. Jules Michel, Ingénieur en chef du P.-L.-M., tendant à l'adoption de rails du poids de 42 à 52 *kg* a été acceptée à l'unanimité.

M. de Stockert fait observer en passant, qu'à ce même Congrès, on a insisté sur la nécessité d'établir des statistiques des rails d'une manière qui semblerait faire douter que l'existence des statistiques très détaillées en usage dans l'Union des chemins de fer allemands y fût bien connue.

L'auteur s'est proposé de rechercher si l'adoption des rails lourds est bien justifiee. Les données statistiques du Kaiser Ferdinands Nordbahn remontent à 1860. Les lignes de ce réseau ont en partie des rails légers portés sur des traverses peu rapprochées, et en partie des rails lourds introduits depuis 1873. On y constate les plus grandes vitesses, 80 *km* et les plus fortes charges par essieu, 14 *t* environ, autorisées en Autriche. Pendant plus de vingt ans, il a passé sur les rails de ce réseau de 60 à 94 millions de tonnes brutes et cependant, malgré ce trafic considérable, le renouvellement n'a porté que sur 1 0/0 du nombre total de rails.

Il y a une distinction à établir entre l'utilisation ou durée des rails, et leur usure. Cette dernière est la réduction de la hauteur du rail jusqu'au minimum admissible, tandis que l'utilisation est mesurée par la période qui s'écoule jusqu'au moment où le rail doit être remplacé pour d'autres raisons.

Les données statistiques, recueillies de 1860 à 1888 portent sur trois types de rails à patin, lesquels sont établis en diverses matières, fer,

acier puddlé, acier fondu ; ces types sont désignés comme suit : Profil St. B; Profil A, et Profil B. Voici les données principales :

	Profil St. B.	Profil A.	Profil B.
Hauteur	107,5	120	123,5
Largeur de la base.	111,9	110	110
Largeur du champignon	57	57	57
Section.	47,733	39,505	44,770
Poids par mètre en fer	36,754	—	—
— — en acier puddlé .	37,275	30,849	34,960
— — en acier fondu . .	37,561	31,086	35,230
Moment d'inertie	644,999	766,080	877,490
Moment de résistance	110,351	120,309	136,193

Pour apprécier l'utilisation des rails, on procède comme suit: on porte les charges brutes qui y passent sur l'axe des x et les rails détruits par le passage de x tonnes, en fractions centésimales du nombre total, sur l'axe des y. On obtient ainsi une courbe qui est une partie d'un quart d'ellipse dont le demi-axe horizontal a donne le nombre τ de tonnes qui pourront passer sur les rails jusqu'à destruction totale de ceux-ci et dont le demi-axe vertical b représente le nombre total 100 0/0 des rails mis en service.

L'équation de cette ellipse est :

$$a = \frac{b\,x}{\sqrt{2\,6\,y - y^2}} \text{ ou pour } b = 100\ 0/0\ \ a = \frac{100\,x}{\sqrt{200\,y - y^2}}$$

Les statistiques relatives aux rails en métal soudé (fer et acier puddlé) comprennent 17 tableaux dont nous nous bornerons à indiquer le mode de construction. Les diverses colonnes comprennent : les années, les millions de tonnes brutes x passées dans l'année, puis depuis l'origine, la charge moyenne exercée par les roues sur les rails, le nombre de rails renouvelés en nombre absolu et en proportion du total, y, par an et depuis l'origine, le nombre de rails brisés pendant l'année et depuis l'origine. Les colonnes 11 et 12 contiennent : la première pour l'année et la seconde pour la moyenne de plusieurs années des valeurs, pour celles de x et y contenues dans les colonnes 3 et 8, donnant l'utilisation des rails ; enfin, la colonne 13 et dernière donne l'écartement des points d'appui des rails.

Le premier tableau, par exemple, concerne 1 344 rails en fer du profil St. B, livrés par Teschen en 1861 et posés sur la ligne à voie unique de Schönbrunn à Troppau de 3 824 m de longueur.

Le profil de cette ligne comporte :

En palier 70 m + 191 m = ...	261 m
En pente de 2,4 mm = ...	758 m
En rampe de 1 mm = ...	2 805 m
	3 824 m

En plan, on trouve :

En courbes de 569, 778 et 948 *m*	1 351 *m*
En alignements de 50, 567, 632, 1 224 *m*	2 473
TOTAL.	3 824 *m*

L'emploi des freins est fréquent.

La statistique s'étend de 1864 à 1873. A cette dernière date, il avait été remplacé en tout 203 rails, ce qui, sur 1 344 pour quatorze ans, ne représente en moyenne que 1,07 0/0 par an. Les chiffres caractéristiques de la colonne 12, relatifs à l'utilisation rapportée au tonnage brut passant sur les rails, sont de 21,3 pour la moyenne des quatorze années.

L'exemple suivant est relatif à 3 324 rails en acier puddlé posés sur la ligne de Chybi-Dzieditz de 11 047 *m*, et la statistique va de 1861 à 1888. Le remplacement annuel des rails n'atteint pas en moyenne 1/2 0/0 et le chiffre caractéristique moyen d'utilisation ressort à 189,4. Il est à remarquer que, comme dans l'exemple précédent, la charge par roue a toujours été en croissant.

De 2 464 *kg*, de 1872 à 1878, elle a augmenté constamment pour atteindre 2 834 *kg* de 1886 à 1888.

Nous ne nous étendrons pas davantage sur ces exemples tirés de l'expérience des rails en métal soudé.

Il résulte de l'examen de treize de ces tableaux (abstraction faite des nos 2, 3, 15 et 17) concernant 29 771 rails en métal soudé, que la destruction s'opère suivant une loi figurée par une courbe affectant presque exactement la forme d'un quart d'ellipse malgré les influences secondaires, et que, de plus, le tonnage amenant la destruction du rail a diminué en raison de l'accroissement de la charge sur la roue. Les tableaux dont il a été fait abstraction s'écartent plus ou moins de cette loi, la raison doit en être dans les circonstances favorables de profil de ces lignes où il y a peu de courbes, où les freins sont peu employés et peut-être dans une qualité exceptionnelle des rails.

Le mémoire passe ensuite à l'examen des rails en métal fondu, aciers Bessemer et Martin.

Il donne treize tableaux concernant les rails Bessemer et sept concernant les rails Martin.

Nous n'entrerons pas plus que précédemment dans l'examen de ces tableaux dont la disposition est la même que celle qui a été indiquée. Sur ces vingt tableaux, la plus grande partie, concernant 16 168 rails, confirme la loi du quart de l'ellipse trouvée pour les rails en métal soudé et ceux des tableaux qui ne la confirment pas exactement ne s'en éloignent toutefois pas assez pour qu'on puisse les considérer comme l'infirmant.

Cette loi peut donc être considérée comme suffisante pour calculer la capacité totale d'utilisation d'une fourniture de rails lorsqu'on connait la proportion de ces rails qui ont été mis hors de service par destruction (ruptures comprises) par la circulation d'un tonnage connu qui a passé sur ces rails. Il suffira, en effet, de tracer le quart d'ellipse passant par le point connu et ayant pour demi-petit axe le nombre total de rails; le demi-grand axe qu'on trouvera par cette construction représente le

nombre total de tonnes brutes qui pourront passer sur les rails avant le renouvellement complet.

Il est bon de faire observer que les données relatives aux rails en métal soudé n'ont plus d'intérêt qu'au point de vue historique. On ne sera fixé qu'après des observations portant sur un grand nombre d'années sur la question de savoir si les prescriptions actuelles concernant la composition chimique, ainsi que les règles proposées par Wohler et Bauschinger pour déterminer la résistance à la rupture et la ténacité, donnent des garanties suffisantes contre les ruptures de rails. Le chemin de fer Empereur-Ferdinand pourrait fournir des éléments précieux pour un travail de ce genre.

Le mémoire dont nous nous occupons résume dans un certain nombre de tableaux les résultats obtenus en mesurant la diminution de hauteur produite sur les rails par l'usure. Les rails expérimentés étaient posés dans des parties en palier, en alignement droit et on ne faisait pas usage des freins.

Voici un exemple des résultats obtenus par ces mesurages :

LIGNES	NOMBRE DE MESURAGES	DIMINUTION DE HAUTEUR		MILLIONS DE TONNES pour 1 *mm*	PROFILS
		totale	par million de tonnes brutes		
		mm	*mm*		
Dzieditz-Jawiszowice.	6	0,44	0,018	55,56	Palier et alignement droit.
Jawiszowice-Oswiecim	6	0,24	0,015	66,67	
Stiebnig-Schönbrunn.	6	0,58	0,024	41,67	

Il est intéressant de rapprocher ces chiffres de ceux publiés en 1887 par l'Union des chemins de fer allemands, en ne prenant que les résultats obtenus sur des lignes où il n'est fait qu'un faible usage des freins :

LIGNES	NOMBRE DE MESURAGES	DIMINUTION DE HAUTEUR		MILLIONS DE TONNES pour 1 *mm*	PROFILS
		totale	par million de tonnes brutes		
		mm	*mm*		
	24	0,09	0,019	—	Palier et alignement droit.
Oest-Ung. Staatsbahn.	24	0,09	0,019	—	
	24	0,08	0,017	—	
Ung. Staatsbahn.	8	0,32	0,026	38,46	
Néerlandais-Rhénan	11	0,14	0,018	55,56	
État Prussien	48	0,35	0,015	23,89	
Direction de Breslau.	44	0,73	0,019	37,53	
MOYENNE.	—	—	0,019	41,61	

Tous les chiffres de ces tableaux sont relatifs à des rails en métal fondu.

Il est donné également des résultats de mesurages effectués sur des portions de lignes présentant des courbes et des inclinaisons et où il est fait un usage plus ou moins considérable des freins; la réduction de hauteur par million de tonnes brutes varie de 0,009 à 0,026; la moyenne de 22 lignes est de 0,022.

Dans les statistiques publiées en 1887 par l'Union des chemins de fer allemands, on ne trouve que trois exemples d'usures aussi faibles, savoir: au Dux-Bodenbach, 0,019; à l'État prussien, direction de Breslau, 0,022, et aux chemins de fer d'Alsace-Lorraine, 0,019. Par contre, on trouve, même sur des parties en palier et alignement droit, des valeurs beaucoup plus élevées, savoir: Oest.-Ung. Staatsbahn, 0,029; État prussien, direction de Breslau, 0,031, 0,032 et 0,069; Oest. Nordwestbahn, 0,074, 0,082 et 0,087, et enfin au Ung. Staatsbahn, 0,095 de millimètre de réduction de hauteur par million de tonnes brutes.

De ces comparaisons, on peut conclure jusqu'à un certain point que l'influence des courbes et des inclinaisons sur l'usure des rails n'est pas aussi considérable qu'on est porté généralement à l'admettre.

Il est donné des indications sur les ruptures de rails d'acier observées jusqu'en 1888 sur le chemin de fer Empereur-Ferdinand.

Sur 351 019 rails posés, il s'en est rompu 1 147. La décomposition s'opère comme suit:

153 286	rails en acier	puddlé	ayant donné	210	ruptures.
182 143	—	Bessemer	—	860	—
15 590	—	Martin	—	77	—

Les proportions des ruptures ressortent ainsi à 1,37 0/0 pour l'acier puddlé, 4,723 pour l'acier Bessemer et 4,94 pour l'acier Martin.

Les statistiques de l'Union des chemins de fer allemands indiquent, pour 88 705 rails en métal fondu placés sur des lignes en dehors du réseau du chemin de fer Empereur-Ferdinand, 251 ruptures, soit une proportion de 2,83 0/0.

Un tableau intéressant, mais qu'il ne nous est pas possible de reproduire ici, à cause de son étendue, donne la répartition des ruptures par année depuis 1863 jusqu'en 1888, et par nature de rails. Ce tableau fait voir que les résultats des essais de Wöhler, relatifs à la répétition fréquente des efforts sont complètement exacts; la rupture se produit même sans que la limite d'élasticité soit dépassée. Il indique également une supériorité manifeste du profil B.

L'influence des saisons sur les ruptures de rails est mise en lumière par le tableau n° 47, donnant les chiffres par mois pour les années 1876 à 1888. Le chiffre combiné proportionnel est le plus élevé au mois de janvier, 0,119, et va en diminuant jusqu'au mois de mai, où il n'est que de 0,004; il remonte jusqu'au mois de décembre, où il est de 0,037.

Voici les conclusions du mémoire de M. de Stockert:

Pour motiver l'introduction des rails lourds, on a fait valoir dans le Congrès des Chemins de fer, tenu à Paris en 1889, la considération que la vitesse des trains express a passé en France, dans une période de

vingt ans, de 63 *km* en moyenne à 65 à 80, avec des maximum de 110 et 120 *km*. D'après M. Jules Michel, la vitesse moyenne est en Angleterre de 75 à 85 *km*, en Amérique de 66, avec un maximum de 125 *km*.

Sur la ligne de l'État Belge, entre Malines et Bruxelles, on a adopté le rail Goliath, sur lequel les trains peuvent rouler à la vitesse de 100 *km* en alignement droit et de 80 en courbes.

En Autriche, les vitesses moyennes sont relativement peu élevées, à cause des arrêts fréquents ; néanmoins, sur le Kaiser Ferdinand, les trains express circulent à une vitesse, contrôlée par des tachymètres, de 80 *km* à l'heure.

En Angleterre, en Amérique et parfois aussi en France, la concurrence entre les Compagnies de chemins de fer conduit à un accroissement de la vitesse, et les remaniements de la voie sont facilités par la situation favorable des Compagnies et par le taux modéré de l'intérêt. En Allemagne, et surtout en Autriche, le cas est tout à fait différent.

L'augmentation de la vitesse conduit au renforcement de la superstructure, c'est-à-dire, non seulement de la voie, mais encore des ponts, des plaques tournantes, etc. Toutefois, les prévisions ont donné une marge suffisante sur beaucoup de lignes établies déjà anciennement, et notamment sur le Kaiser Ferdinand ; si l'on a constaté une forte usure des rails, on n'a éprouvé aucun accident attribuable à leur faiblesse relative.

De même, M. Jules Michel, dans son rapport au Congrès de 1889, dit que, malgré les vitesses de 120 *km*, réalisées, depuis plusieurs années déjà, sur le chemin de fer du Nord français, cette Compagnie n'a commencé qu'en 1888 à remplacer ses rails de 20 *kg* par des rails de 42. Les accidents de la nature de celui de Borki sont dus principalement à l'emploi de locomotives trop lourdes et à leur usage peu judicieux. Si le profil permet de réaliser des vitesses considérables, on a aujourd'hui le moyen de proportionner les rails en conséquence et, par le rapprochement des traverses, d'effectuer l'appropriation de la voie à moins de frais et plus rapidement. Mais les éléments dont il est le plus important de tenir compte dans l'étude d'une voie, sont beaucoup moins la vitesse de marche des trains que la sécurité contre les ruptures, la capacité d'utilisation aussi élevée que possible et une grande résistance à l'usure.

D'après les résultats donnés ci-dessus, l'augmentation absolue du poids des rails n'est pas le seul moyen de prévenir les ruptures ; on arrive au même but par une répartition convenable de la matière. Ainsi, le défaut du profil B du Kaiser Ferdinand est dans le champignon, qu'on a fait beaucoup trop fort, parce qu'on croyait que l'usure était la seule cause qui mettait les rails hors de service. On n'est, malheureusement, pas encore bien édifié sur les causes réelles des ruptures de rails ; il faudrait, pour élucider cette question, faire des essais très complets dans des laboratoires bien outillés.

La capacité d'utilisation a plus d'importance au point de vue des dépenses d'entretien qu'à celui de la sécurité d'exploitation des chemins de fer ; mais cette valeur économique ne dépend nullement du poids du rail : elle est grandement influencée par la qualité du métal et par sa composition chimique.

La résistance à l'usure n'a été soumise à des observations qu'après que les rails du profil A étaient en service depuis longtemps déjà. Les constatations faites sur les rails du profil B sont donc les seules qui aient une valeur réelle : on ne peut donc pas faire une comparaison équitable. On doit faire observer ici que des rails ont dû être fréquemment remplacés par l'usure latérale produite dans les courbes avant que l'usure de la table de roulement fût devenue sensible.

L'auteur n'est pas partisan des grandes vitesses ; mais, comme on est obligé de les accepter pour donner satisfaction au public, il croit devoir donner, pour le calcul des rails lourds, quelques indications tirées de sa propre expérience.

D'abord, on ne doit pas prendre pour point de départ le poids du rail, mais bien la charge à supporter et sa nature.

Dans cet ordre d'idées, la question la plus importante est celle qui concerne la largeur du patin du rail. La limite inférieure semble être un rapport de 90 à 100 entre la largeur du champignon et celle du patin. La hauteur du champignon a été poussée trop loin. En ce qui concerne l'épaisseur de l'âme, elle doit être déterminée, non d'après les considérations de résistance, mais d'après les exigences du laminage ; il en est de même pour l'épaisseur du patin. La largeur du champignon, pour laquelle M. Jules Michel a proposé les valeurs de 60 à 72 *mm*, doit être déterminée de telle sorte que le refroidissement et la compression se fassent d'une manière égale pendant le laminage.

En ce qui concerne la forme de la partie supérieure du champignon, elle dépend surtout de la forme des bandages. On sait que, pendant leur usure, les rails ont une tendance à prendre la forme des bandages.

Pour prévenir le déplacement des rails dans les courbes de faible rayon, on employait autrefois des entretoises dans ces parties. Aujourd'hui, avec un éclissage perfectionné, on peut poser les rails verticalement, comme le fait le chemin de fer de l'État Belge avec le rail Goliath.

Les grandes longueurs de rails jusqu'à 12 *m*, recommandées par M. Jules Michel, n'ont pas été, jusqu'ici, accueillies avec faveur par les Comités de l'Union. On leur reproche, outre le plus grand vide au joint, les difficultés du transport, qui exige des wagons spéciaux que toutes les Compagnies ne possèdent pas. La pose est plus difficile, ainsi que les changements, et on peut craindre qu'à qualité égale du métal, la production de rails de grande longueur n'ait une influence désavantageuse sur la sûreté de la fabrication.

A cela on peut répondre qu'il existe actuellement partout des wagons de longueur suffisante, et que la pratique ne confirme pas les difficultés prévues pour la pose et le remplacement. Il ne subsiste guère que l'objection basée sur le joint, ce qui a conduit à reprendre les essais faits par Winslow, en Amérique, d'après un système remis en pratique par Haarmann, avec quelques différences de détail. Dans ce dernier, les rails sont réunis par une sorte d'assemblage à mi-fer, dont le contact a lieu dans un plan vertical ; il n'existe plus ainsi d'intervalle entre les abouts des rails. Malgré l'ingéniosité de ces dispositions, l'auteur ne croit pas à leur succès définitif, car la forme irrégulière des bandages

uses ne doit pas produire une pression égale sur les deux parties du rail, et la légère irrégularité provenant du laminage doit encore augmenter cet effet.

On n'a encore trouvé aucun moyen satisfaisant de supprimer l'intervalle entre les rails au joint. Ce qui semble se rapprocher le plus du desideratum est la solution recommandée par M. Jules Michel et pratiquée avec le rail Goliath, consistant à employer des éclisses très longues (1) ayant une section collective aussi forte que celle du rail lui-même, et se prolongeant jusqu'aux deux traverses entre lesquelles se trouve compris le joint. On pourrait arriver ainsi à faire passer la roue à l'endroit du joint sur les éclisses disposées avec un plan incliné très faible, de manière à éviter complètement le choc dû au vide entre les rails.

Ce procédé entrainerait évidemment à des dépenses supplémentaires; mais c'est peu de chose en présence de l'avantage considérable réalisé par la suppression du choc des roues au joint des rails.

Pavage en briques. — L'emploi des briques pour le pavage des rues se répand considérablement aux Etats-Unis, principalement dans les endroits où l'on ne peut pas se procurer facilement des pierres convenables pour cet usage. On reproche au pavage en bois son peu de durée dans certains cas, à l'asphalte son prix élevé dans beaucoup d'endroits, et à la pierre le même défaut, lorsqu'elle doit être amenée d'une grande distance. M. C. P. Chase a fait sur ce sujet un très grand nombre d'expériences, qui l'ont amené à présenter la valeur comparative des divers pavages sous la forme du tableau suivant que nous trouvons dans le *Railroad and Engineering Journal.*

Si l'on fait la somme des valeurs relatives à chaque point de vue pour obtenir la qualité générale de chaque matière, on obtient le classement suivant : 1° briques, 2° granit, 3° asphalte, 4° grès et 5° bois.

L'auteur décrit également les diverses méthodes de pose des briques qui ont subi la sanction de l'expérience et qui permettent d'obtenir les meilleurs résultats avec ce mode de pavage, qui est de nature, d'après lui, à rendre de réels services dans nombre de circonstances.

VALEUR RELATIVE DES MATÉRIAUX

POINTS DE VUE	1	2	3	4	5
Durée	Granit.	Briques.	Asphalte.	Grès.	Bois.
Économie d'établissement	Briques.	Bois.	Grès.	Asphalte.	Granit.
Résistance à l'action des éléments.	Briques.	Granit.	Grès.	Asphalte.	Bois.
Absence de bruit et poussière.	Asphalte.	Briques.	Bois.	Granit.	Grès.
Économie d'entretien . .	Briques.	Granit.	Grès.	Asphalte.	Bois.
Résistance en rampes . .	Granit.	Briques.	Grès.	Bois.	Asphalte.
Salubrité.	Asphalte.	Granit.	Briques.	Grès.	Bois.

(1) On emploie quelquefois en Amérique des éclisses de 4 pieds, 1,220 *m* de longueur.

Épreuves de ponts en Suisse. — A la suite de l'émotion causée par la catastrophe de Mœnchenstein, le Conseil fédéral a invité les Compagnies de chemins de fer suisses à faire procéder à la revision de tous les ponts et viaducs de leurs réseaux; cette revision est faite par des ingénieurs délégués par la Confédération et par les Compagnies de chemins de fer.

La Compagnie du Jura-Simplon a procédé à ces épreuves pendant ces derniers temps; elle a terminé son travail le 13 août par la revision des viaducs de la ligne Fribourg-Berne et en particulier par celui de Grandfey. Ce viaduc, situé sur la Sarine près de Fribourg, et qui est, comme on sait, un ouvrage d'art d'une importance considérable, a une longueur totale de 382 *m*; son tablier métallique, composé de quatre poutres, repose sur deux culées et six piles en fer avec socles en maçonnerie; la plus élevée de ces piles a une hauteur de 73 *m*.

Ce viaduc a été éprouvé, en premier lieu, au moyen de deux trains composés chacun de deux des plus lourdes locomotives de la Compagnie et d'une série de wagons chargés de gravier. Ces deux trains, ainsi formés, ont stationné successsivement pendant un temps très prolongé sur chacune des travées. En second lieu, ces trains ont été réunis pour n'en former qu'un, composé de quatre locomotives et d'une série de wagons à charge complète. Ainsi composé, ce train a franchi le viaduc successivement avec des vitesses de 30 à 45 *km* et les flexions observées, aussi bien dans les poutres principales que dans les piles, n'ont pas atteint la tolérance admise par les cahiers des charges imposés par le contrôle aux constructeurs de ponts métalliques. Le résultat de ces épreuves est d'autant plus satisfaisant que lès trains appelés à franchir ce viaduc n'ont jamais plus de deux machines en tête et que la vitesse admise ne doit pas dépasser 40 *km*.

Des essais identiques ont été faits successivement aux viaducs de Guin et de la Singine; ils ont donné des résultats aussi rassurants que ceux obtenus au viaduc de Grandfey.

En 1870, lors de l'invasion allemande, la Compagnie des chemins de fer de l'Est français avait jugé prudent de mettre en sûreté sur le territoire suisse un nombre considérable de voitures et de machines. A cette époque, un train composé de dix locomotives, allant se garer au parc de Bex, parcourut la ligne Berne-Fribourg-Lausanne-Bex, franchissant ainsi les plus grands viaducs du réseau.

Cette épreuve, comme celle faite ces jours derniers, sont de nature à rassurer complètement sur l'état des ponts et viaducs des lignes du Jura-Simplon.

Surchauffeurs de vapeur *(suite et fin).— Surchauffeur Gehre.* — La maison Wick-Spoerlein à Mulhouse a la concession de cet appareil, breveté en Allemagne. Le surchauffeur Gehre est appliqué depuis plusieurs années en Westphalie, et a obtenu, dans cette région, des succès incontestés. Il se compose d'un corps cylindrique en tôle traversé par un faisceau tubulaire, installé dans un carneau approprié à son emploi. M. Gehre signale comme caractère distinctif de l'emploi de son appareil l'emploi de plusieurs soupapes ou clapets automatiques montés à l'entrée

et à la sortie de la vapeur, isolant d'une part et par intermittence, celle-ci du contact de l'eau de la chaudière et, d'autre part, rétablissant la communication avec le générateur en cas ou un excès de pression viendrait à se produire dans le surchauffeur. L'inventeur attache, avec raison, une grande importance à l'isolement temporaire du surchauffeur, qui permet d'obtenir le chauffage de la vapeur avec une température moins élevée que lorsque la communication avec l'eau du générateur existe continuellement. Le surchauffeur peut être installé avec chauffage direct pour les besoins d'industries exigeant de la vapeur à très haute température.

M. Walther-Meunier n'a pas expérimenté cet appareil, mais les renseignements qu'il a obtenus accusent une économie au moins égale à celle garantie par le constructeur. Celle-ci dépend de la température des gaz utilisables pour le chauffage et de la quantité d'eau entraînée par la vapeur.

Surchauffeur Schwoerer. — Le caractère particulier du surchauffeur de M. Émile Schwoerer, ingénieur à Colmar, est l'emploi de tuyaux à ailettes circulaires à l'extérieur et longitudinales à l'intérieur. Jusqu'ici des tuyaux de ce genre n'étaient appliqués que pour transmettre à l'extérieur la chaleur d'un corps circulant à l'intérieur, tandis que le contraire se passe dans l'appareil de M. Schwoerer. Une application faite depuis plus de six mois a donné des résultats satisfaisants au point de vue de la conservation et de l'entretien. Les ailettes extérieures n'ont, en aucune façon, comme on pouvait le craindre, été revêtues de suie ou de cendres ; toutes les matières solides entraînées par les produits de la combustion sont venues tomber dans le cendrier ménagé à cet effet, en dessous du système de tuyaux. M. Walther Meunier ne peut, à son grand regret, communiquer de résultats économiques, l'application ayant été faite, conjointement avec d'autres modifications à la batterie de chaudières et à la machine de l'établissement ; une installation en voie de montage permettra d'avoir des renseignements précis dans le courant de l'exercice présent. Le surchauffeur de M. Schwoerer est particulièrement approprié à l'application aux chaudières à bouilleurs. Il est logé dans l'espace vide au-dessous du carneau des bouilleurs et reçoit les gaz chauds à la sortie de ce dernier. Après un double parcours autour du surchauffeur, les produits de la combustion remontent à l'arrière du corps de chaudière en suivant la double circulation habituelle autour de celle-ci. La température de la vapeur, à la sortie de l'appareil, a atteint 320° et au delà ; et on n'a pas observé d'action nuisible sur les organes de la machine.

Une dernière application de surchauffeur, composé d'un serpentin lisse en fonte et exécuté d'après les données de Hirn et sur les indications de M. Schwoerer, fonctionne dans un grand établissement de la basse Alsace. Il est également installé dans l'espace libre au-dessous du carneau des bouilleurs d'une chaudière de ce système. La vapeur à surchauffer provient d'un générateur De Naeyer voisin. Le propriétaire a donné les meilleurs renseignements sur la marche de l'appareil et constaté une économie de combustible comparable à celles qui ont été indiquées plus haut pour des appareils analogues.

De ce qui précède, on peut conclure, jusqu'à plus ample information, que l'emploi de la surchauffe se recommande partout où l'on se trouve en présence de chaudières en nombre insuffisant et, par suite, à allure forcée.

Pour l'application à courte distance et aux moteurs, les résultats économiques constatés sont probants. En ce qui concerne l'emploi de la vapeur avec longues conduites et à des chauffages de quelque nature qu'ils soient, la surchauffe aura l'avantage, sinon de fournir la vapeur à une température plus élevée que celle qui correspond à la pression aux chaudières, du moins de la livrer au lieu d'utilisation à l'état saturé et sec, sans eau entraînée et par suite sans condensations nécessitant des appareils de purge souvent insuffisants et occasionnant tous les ennuis constatés par l'usage de vapeur humide.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Mai 1891

Rapport de M. Poirier sur le **Poêle** de M. Jean Baylac.

Ce poêle, qui est à feu apparent, monté sur roulettes et muni d'un réservoir pour le combustible, se distingue de ses congénères par un certain nombre de dispositions spéciales.

Le réservoir intérieur est évasé vers le bas pour prévenir les coincements et arrêts dans la descente du combustible. De plus, il est placé en arrière de sorte que la combustion se fait en avant, sur une épaisseur de combustible presque invariable et en présence de la totalité de l'air entrainée par le tirage.

Sans que ce système échappe aux inconvénients généraux inséparables du principe des appareils à fermeture supérieure mobile, on doit reconnaitre que la combustion se fait dans de bonnes conditions et que, le joint de la partie supérieure étant convenablement établi, les émanations dangereuses sont réduites au minimum, c'est-à-dire que l'on n'a guère à les redouter qu'au moment du chargement ou pendant les coups de vent dont la force est capable de renverser le tirage et de faire refluer dans la pièce les gaz de la cheminée.

Rapport de M. le colonel Pierre sur un **Procédé de retaillage des limes par l'électricité**, présenté par M. Personne.

L'emploi de l'électricité pour le retaillage des limes a été proposé depuis longtemps déjà, M. Landrin parait avoir le premier appelé l'attention sur cette question en 1857. En 1868, MM. de la Tour du Breuil, Bayners et de Dienheim-Brochocki prirent un brevet pour un procédé électro-chimique de ravivage des limes.

C'est en 1883 que M. Personne a entrepris ses études sur la même question et il les a menées à bonne fin, il y a peu d'années.

Son procédé diffère essentiellement des précédents en ce qu'il supprime l'emploi des piles placées à l'extérieur du bain dans lequel sont plongées les limes à raviver. La lime remplace le zinc et joue le rôle du pôle négatif dans un élément de pile au charbon et à l'eau acidulée. A cet effet, la lime préalablement bien nettoyée et dégraissée est plongée dans l'eau acidulée entre les deux charbons et le circuit électrique est fermé en établissant directement la communication entre les charbons et la soie de la lime au moyen d'une pièce métallique qui lui sert de support. Le courant qui s'établit décompose l'eau, l'oxygène se porte sur la taille de la lime, tandis que l'hydrogène se fixe à l'état de

bulles sur les dents et les protège contre l'attaque de l'eau acidulée qui creuse librement la taille. Après quelques minutes on retire la lime, on la brosse à grande eau pour remettre à nu le fond de la taille et on la replonge dans le bain. Il faut environ dix minutes pour remettre une ligne à neuf.

Le procédé de M. Personne est employé par le Ministère de la guerre et par divers établissements industriels.

Sur la rectification de l'alcool, par M. E. Sorel, ancien ingénieur des manufactures de l'État.

L'auteur établit que les résultats fournis par les appareils de rectification sont fonction de trois éléments: du nombre des plateaux, du coefficient de solubilité des impuretés dans l'alcool concentré et bouillant et du rapport $\frac{V}{P}$ de volume des vapeurs au volume de liquides traversant un plateau dans l'unité de temps.

Le rapport de $\frac{V}{P}$ est d'autant plus grand qu'il y a une plus grande différence de composition entre les liquides de trois plateaux successifs. On doit donc s'attacher à avoir le plus grand nombre de plateaux chargés d'alcool au maximum de concentration. Toute cause de refroidissement, rayonnements, refroidissement artificiel, retour de liquides froids dans les plateaux intermédiaires de la colonne est contraire à une bonne rectification en augmentant la valeur du rapport $\frac{V}{P}$.

La rectification continue est seule capable de fournir des alcools réellement purs; mais, dans les conditions habituelles, elle est coûteuse si on lui demande de résoudre à elle seule le problème de la purification complète de l'alcool mis en œuvre. On doit s'efforcer de diminuer, par des opérations connexes, la proportion de produits à retravailler. L'emploi d'un condenseur auxiliaire permet de retarder l'apparition des produits *de queue*.

On peut, par des distillations partielles des *moyens goûts de tête* légèrement étendus d'eau, éliminer la majeure partie des produits de *tête* et remettre en œuvre pour la rectification des alcools sensiblement purs.

Cette opération peut se faire presque sans frais au moyen de chaleurs perdues.

La condensation fractionnée et progressive à des températures élevées permet de concentrer dans une partie des alcools recueillis les impuretés de *queue*, dans une autre les impuretés de *tête*, et, par suite, d'augmenter sensiblement la qualité des *moyens goûts* à retraiter et la quantité d'alcool de *cœur* recueilli à chaque rectification.

Situation actuelle du gaz au point de vue de l'éclairage, de la ventilation et de la photométrie, par M. A. Lévy, Ingénieur de la Compagnie parisienne du Gaz.

Cette communication très importante débute par la citation de quelques chiffres, donnés par M. H. Fontaine, indiquant qu'en 1889 Paris possédait un éclairage artificiel correspondant à une lumière de 11 300

bougies-heure par habitant et par an, soit 30 bougies-heure par habitant et par jour. Cet éclairage est, par habitant, trois fois plus intense qu'il y a trente-quatre ans. Pour réaliser l'éclairage idéal, c'est-à-dire celui qui égalerait la clarté du jour, il faudrait arriver à dix mille fois l'éclairage actuel. On voit que le champ des progrès est pour ainsi dire illimité.

L'auteur examine successivement : A, les becs de gaz de création récente; B, l'application du gaz à l'éclairage et à la ventilation, et enfin C, quelques résultats photométriques.

Les appareils perfectionnés peuvent être divisés en trois classes :

1° Becs dans lesquels la température de combustion est augmentée par le chauffage de l'air d'alimentation, par sa circulation en sens inverse des produits de combustion dans un appareil appelé récupérateur de chaleur;

2° Becs dans lesquels le gaz porte à l'incandescence une matière donnant une intensité lumineuse supérieure à celle du carbone incandescent en suspension dans la flamme;

3° Becs dans lesquels le gaz voit son pouvoir éclairant augmenté par l'addition d'hydrocarbures riches.

Dans la première classe, après avoir rappelé que le premier appareil à récupération date de 1836 et est dû à Chaussenot, l'auteur décrit les becs Siemens ancien et nouveaux, le bec parisien (ancien bec Schulke), le bec *l'Industriel*, le bec Guibout-Giroud, le bec Delmas, les lampes Wenham, Sée, Ezmos, Lebrun-Deselle, Danischewski, Cromatie, et les régulateurs Parsy-Derval et Giroud.

Dans la seconde classe se trouvent décrits les systèmes Sellon, Clamond et Auer.

Dans la troisième classe, il n'est parlé que du type *albo-carbon*.

Fonçage des puits de naphte, par M. Vassilief. (Extrait du *Zapiski.)*

Les puits des environs de Bakou n'ont que 25 à 30 *cm* de diamètre et descendent jusqu'à 300 *m* de profondeur.

On les fonce de deux manières : à la tige ou à l'américaine; dans ce dernier mode, la tige est remplacée par un câble qui se déroule au fur et à mesure de l'avancement. Les puits sont revêtus avec des tubes en tôle de 4 à 7 *mm* d'épaisseur, en longueurs de 1,50 *m* réunies par des manchons fixés par des rivets.

Un puits donne en moyenne 40 000 *kg* par jour; quelques-uns, de 11 à 16 000. Certains ont donné 130 à 160 000 *kg* par jour, et cela pendant douze ans. Tout le naphte de la plaine de Balakhava-Sabountchin est envoyé aux usines de Bakou par treize conduites de 13 *km* chacune.

On emploie encore le procédé gallicien, dit de Fauvel, par lequel on envoie dans le puits en fonçage par les tiges creuses un courant d'eau qui enlève les déblais. Ce procédé serait employé plus souvent sans le manque d'eau, car à Bakou, où on extrait 2 millions de tonnes de naphte par an, on ne dispose que de l'eau de pluie recueillie en hiver dans des citernes. En juillet et août, l'eau coûte 20 à 25 *c* les cent litres, alors que le naphte n'en coûte que 6.

Fabrication industrielle de l'acide lactique, par M. G. Jacquemin.

Le point de départ de cette fabrication est le malt, qui est soumis à la saccharification diastasique et produit un moût sucré qu'on additionne d'un carbonate quelconque destiné à maintenir sa neutralité et du ferment lactique pur obtenu par les procédés Pasteur ou autres. Le liquide fermenté est évaporé et laisse cristalliser un lactate de chaux d'où on extrait l'acide lactique par les moyens connus. Ce procédé permet d'obtenir industriellement l'acide lactique dont la préparation par fermentation était jusqu'ici pénible et incertaine.

Bibliographie. — Le commerce de la boucherie, par M. Piou. — Les sciences expérimentales en 1889, par M. O. Badoureau. — La petite culture agricole et légumière dans les campagnes et aux environs des villes, par M. G. Heuzé. — La pratique de l'agriculture, par M. G. Heuzé. — Traité pratique de chimie métallurgique, par le baron Juptner de Jonstorff, traduit de l'allemand par M. E. Vlasto. — Annuaire pour l'an 1891, publié par le Bureau des Longitudes. — La cavalerie des armées françaises et étrangères, par M. Aureggio.

Juin 1891.

Rapport de M. C. Lavollée sur le **tarif de l'huile de pétrole.**

La consommation du pétrole en France est dans un très grand état d'infériorité par rapport aux pays voisins, infériorité qu'on doit attribuer aux droits de douane très élevés dont ce produit est frappé.

C'est en 1871, à la suite de l'impression causée par les événements de la Commune, que l'huile brute fut frappée d'un droit de 20 *f* par 100 kilogrammes et l'huile raffinée d'un droit de 32 *f*. Ces droits furent portés en 1873 à 30 et 37 *f*. Dans le tarif général de 1881, le droit fut fixé à 18 *f* pour le pétrole brut et à 25 *f* pour le raffiné.

Dans le nouveau tarif qui s'élabore en ce moment, le gouvernement a proposé 20 et 25 *f*; la commission de la Chambre propose 18 et 24.

Il est intéressant de faire remarquer que, en 1871, à l'époque où les droits sur le pétrole brut furent élevés à 20 *f*, le prix de cette marchandise était de 28 *f*. En 1881, où le droit fut ramené à 18 *f*, le pétrole ne valait plus que 19 *f* et, en 1888, 14 *f*. La taxe équivaut aujourd'hui à plus de 120 0/0 de la valeur du produit.

Il semble d'autant plus nécessaire d'abaisser aujourd'hui les tarifs que l'emploi de pétrole pour l'éclairage est devenu très général.

Le tarif actuel du pétrole dépasse toutes les bornes de la plus dure fiscalité, en condamnant les consommateurs français à payer une matière qui est devenue, dans les campagnes par exemple, presque de première nécessité, le double et même le triple de ce que la paient les Belges, les Suisses, les Allemands, etc.

Aussi le Comité de commerce de la Société d'Encouragement émet-il le vœu que les tarifs du pétrole soient abaissés dans une très forte proportion.

Rapport de M. H. Muret sur le **Traité de la distillation des**

produits agricoles et industriels, de MM. J. Fritsch et Guillemin.

Rapport de M. le colonel Pierre, sur les **Perfectionnements apportés aux bascules,** par M. Guillemin.

M. Guillemin avait déjà présenté à la Société d'Encouragement ses bascules, lesquelles ont été l'objet d'un rapport en 1887. Il a, depuis cette époque, apporté diverses améliorations consistant : 1° dans l'application des dispositions de l'appareil vérificateur aux instruments des différents systèmes construits ultérieurement, et 2° l'application de ce système de vérification aux petites bascules du commerce et de l'industrie, pour lesquelles la sanction constante de l'exactitude est aussi nécessaire que pour les gros instruments de pesage.

Sur divers moyens de trouver la distance de deux points géographiques donnés, par M. Ed. Collignon.

La distance à vol d'oiseau de deux points géographiques donnés est aisée à obtenir sur un globe terrestre, mais il n'en est plus de même sur une carte si les points ne sont pas très rapprochés. Il faut, dans ce cas, recourir à la trigonométrie sphérique.

L'objet de la note est d'indiquer diverses méthodes pour résoudre aisément le problème, entre autres, la construction et l'usage des abaques donnant la distance sphérique.

Situation actuelle du gaz au point de vue de l'éclairage, de la ventilation et de la photométrie, par M. A. Levy, Ingénieur de la Compagnie parisienne du gaz *(suite et fin)*.

L'emploi du gaz pour la ventilation est une question intéressante ; l'évacuation de l'air vicié par le haut ou ventilation ordinaire est plus particulièrement indiquée avec le gaz et certains brûleurs, surtout les lampes à recupération, se prêtent très bien à l'utilisation de l'éclairage comme moyen de ventilation. Des expériences faites dans le magasin d'exposition de la Compagnie parisienne, rue Condorcet, ont indiqué une utilisation de 40 0/0. Un certain nombre d'installations de ventilation par le gaz ont déjà été faites avec succès.

En ce qui concerne la photométrie, le mémoire décrit quelques photomètres récents, dont celui de M. Mascart et donne des considérations sur les éclairages électriques ou au gaz, installés sur les voies publiques à Paris en 1889 et 1890.

Montage de la tour Eiffel, par M. E. Nouguier, Ingénieur en chef des établissements Eiffel.

Treuil de 5 tonnes pour fonderie. (Traduit de *Engineering*). Ce treuil, employé dans les chantiers de la Campine à Herenthals, se compose de deux cylindres de diamètre un peu différent, 0,277 et 0,325 sur lesquels une corde s'enroule en sens inverse avec sa partie moyenne pendant entre les deux et recevant une poulie libre à crochet ; c'est donc un treuil différentiel qu'on emploie pour les grosses charges, pour les moyennes, on immobilise le petit cylindre par un cliquet et on agit sur le gros cylindre ; pour les faibles charges on fait le contraire.

Utilisation des produits extraits de la fumée (Extrait du *Génie Civil*).

Dans une usine de Glasgow, on recueille par jour environ 60 millions de pieds cubes de gaz des hauts fourneaux et on en obtient en moyenne 113 000 litres d'huile par semaine ; le résidu gazeux sert de combustible pour la distillation, et on en obtient également une certaine quantité d'ammoniaque.

Poêle thermo-électrique de M. le docteur Giraud (Extrait du *Génie Civil*).

Ce poêle se charge comme un poêle mobile ordinaire dont il a l'aspect extérieur. Les gaz chauffent des caisses contenant des éléments thermo-électriques au nombre de 700 formés de couples nickel ou fer-blanc et alliage à base de zinc et d'antimoine. Les 700 éléments sont montés en tension et on obtient une force électromotrice de 40 volts environ et une intensité de 4 ampères. Le débit est trop faible pour qu'on puisse alimenter plus d'une lampe à la fois, on a alors recours à des accumulateurs. C'est une solution intéressante de l'éclairage domestique sur une petite échelle, éclairage par le chauffage.

INSTITUT ROYAL DES INGÉNIEURS NÉERLANDAIS (1)

Livraison du 30 Avril 1891

Destruction de l'épave du vapeur « Germania », par M. Joller. — Le 21 décembre 1890, le vapeur *Germania*, de 64 *m* de longueur, 8 de largeur et 4,80 de creux, coulait à fond devant le port de Flessingue. Les mâts étaient visibles à basse mer. Il s'agissait de détruire tout ce qui se trouvait à moins de 10 à 12 *m* de profondeur au-dessous du niveau des basses mers. Ce travail était fort difficile, à cause de la saison et parce qu'on ne pouvait travailler qu'une heure par jour, par suite de la marée.

On a employé la poudre et la dynamite, la première par charges de 200 à 300 *kg*, la seconde par charges de 30 à 40 *kg*. Les charges étaient descendues par des plongeurs ; on y mettait le feu par un courant électrique. L'opération a parfaitement réussi ; les dépenses se sont élevées à 25 000 *f*.

La télégraphie optique dans les Pays-Bas, par M. Staring. — Cette note contient la description des télégraphes optiques qui ont été en usage sous le régime français au commencement du siècle et, en 1831, dans la guerre de l'indépendance de la Belgique. Ils ont cessé d'être employés après cette époque.

(1) Résumé communiqué par M. J. de Koning.

Livraison du 2 Juillet 1891

Description des bateaux de la Société Zeeland, par MM. Huet et Teding van Berkhout.

La Société de navigation Zeeland dessert une des lignes principales entre l'Angleterre et le continent, Queensborough-Flessingue. Elle effectue ce service avec sept paquebots munis des derniers perfectionnements au point de vue de la sécurité et de la commodité. La note contient des détails sur les appareils moteurs, etc.

Appareil pour assurer la position d'un pont tournant, par M. Rosskopf.

C'est une note très succincte sur les appareils employés aux ponts tournants du canal de la Merwede.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 29. — 18 *Juillet* 1891.

Fabrique de ciment de Portland « Porta », à Brême, par C. Naske.
Chemin de fer souterrain à Londres, par L. Troske *(suite)*.
Transport de force par l'électricité dans le Wurtemberg.
Métallurgie. — L'argent, par C. Schnabel *(suite)*.
Robinet pour frein Westinghouse.
Groupe de Brunswick. — Chargement du charbon.
Groupe de Breslau. — Le gaz à l'eau.
Bibliographie. — La statique graphique, par A. Lauenstein.
Variétés. — Expériences sur le refroidissement des chaudières.
Correspondance. — Le tirage forcé et son influence sur l'installation des chaudières.
Réunion des bureaux de l'Association les 9 et 10 juin 1891. — Congrès international d'hygiène et de démographie à Londres du 10 au 17 août. Exposition internationale d'électricité à Francfort-sur-le-Mein.

N° 30. — 25 *Juillet* 1891.

Développement technique des Compagnies de navigation « Lloyd de l'Allemagne du Nord » et « Hambourgeoise-Américaine », par R. Haack et C. Busley *(suite)*.
Considérations sur le développement de l'emploi des appareils hydrauliques de levage en Allemagne, au sujet des nouvelles installations des ports francs de Brême et de Hambourg, par Ad. Ernst *(suite)*.
Projets dus à John Ericsson, et datant de 1829, d'une machine pour bateau avec condenseur à surface, et d'une chaudière à haute pression avec tirage forcé par un ventilateur, par Gœrris.
Métallurgie. — L'argent, par C. Schnabel *(fin)*.
Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Procédé hydro-électrique pour la transmission de la force.

Groupe de Hanovre. — Habitations ouvrières pour la ville de Hanovre. — Fabrication du sodium par voie électrique.

Bibliographie. — Historique du développement des types de navires de guerre depuis l'époque romaine jusqu'à nos jours, par L. Keubold. — Les travaux souterrains dans les villes, vol. II. Canalisations pour l'alimentation d'eau, par Otto Lueger.

Variétés. — École municipale de maçons, menuisiers, mécaniciens et meuniers de la ville de Neustadt (Mecklembourg).

N° 31. — 1er *Août* 1891.

Ordre du jour de la XXXIIe assemblée générale de l'Association.

Grue roulante de 75 *t* de l'atelier n° 5 de l'usine Krupp, à Essen, par E. Schürmann.

Considérations sur le développement de l'emploi des appareils hydrauliques de levage en Allemagne, au sujet des nouvelles installations des ports francs de Brême et de Hambourg, par Ad. Ernst *(fin)*.

L'ancienne distribution d'eau de Constantinople, par Forchheimer.

L'Exposition de Prague, par L. Spängler.

Transmission de force par l'électricité, par R. Closterhalfen.

Procédé pour prolonger la durée des chaînes, par M. Hartung.

Groupe de Cologne. — Marteau-pilon à vapeur universel. — Inspection des fabriques. — Projet de loi concernant les installations électriques.

Groupe de Siegen. — Code civil. — Inspection des fabriques.

Groupe de Thuringe. — Projet de loi concernant les installations électriques.

Variétés. — Colonnes en fers profilés.

N° 32. — 8 *Août* 1891.

Réglage des machines et régulateurs, par A. Pfarr.

L'ancienne distribution d'eau de Constantinople, par A. Forchheimer *(fin)*.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Projet de loi concernant les télégraphes. — Distribution de l'énergie dans les villes.

Groupe de Magdebourg. — Moteurs à gaz et leurs applications. — Projet de loi concernant les installations électriques.

Variétés. — Congrès international d'électricité à Francfort-sur-le-Mein.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :

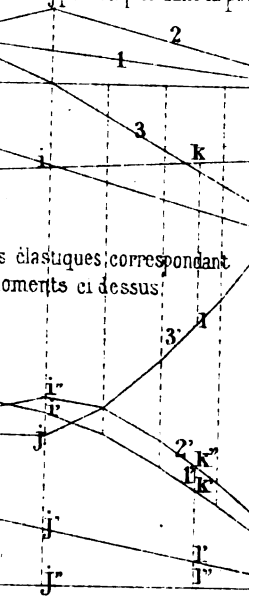
A. Mallet.

PARIS. — IMPRIMERIE CHAIX, 20, RUE BERGÈRE.— 19358-9-91.

de Calcul

systèmes.

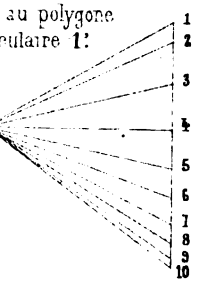
nts hypothétiques dans la po



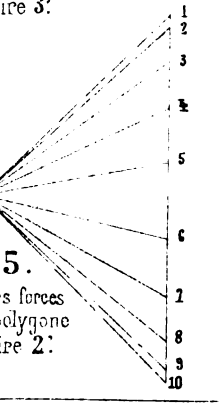
s élastiques correspondant
noments ci dessus.

g. 34.

ne des forces
au polygone
ulaire 1:



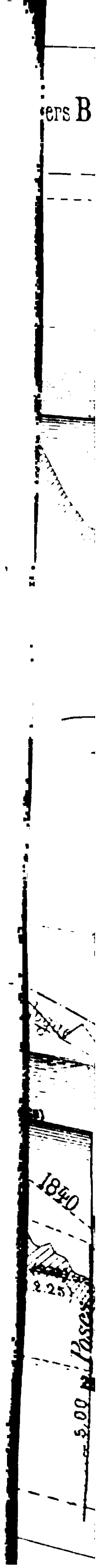
es forces
polygone
aire 3:



35.

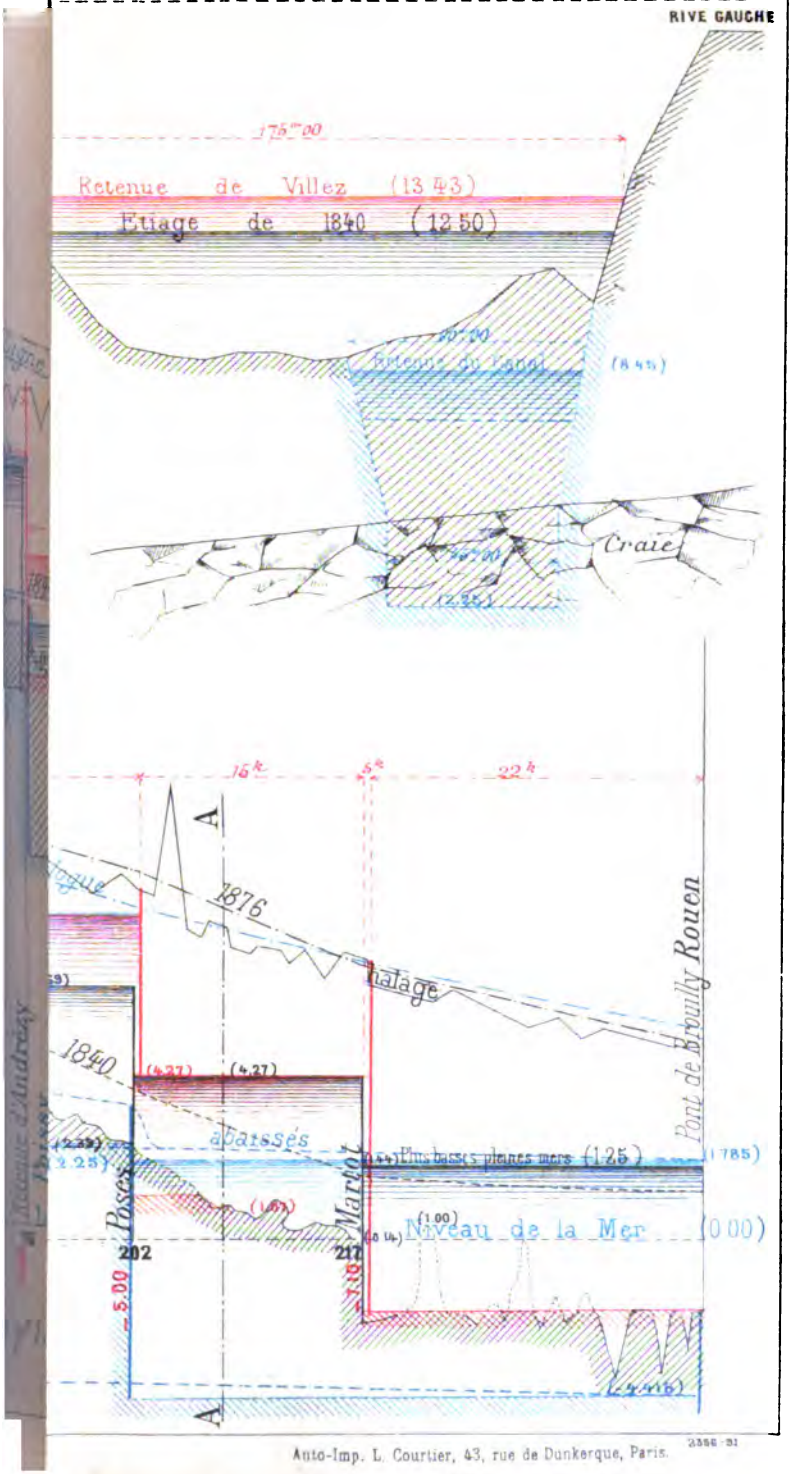
des forces
polygone
aire 2:

Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue


1840
(2.25)
5.00

ers **B** à 2 kilom.tres aval du barrage de Méricourt.

tuel de 1876 (13.25)



Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris. 2356-31

Pl. 46.

Gaillon
Aubergenville
Les Andelys
Thosny
Gd Couronne
Forêt de La Londe
La Londe
Moulineaux
Sahurs
Forêt de Roumare
Rouvray
Pt Couronne
Gd Quevilly
Pt Quevilly
Canteleu
Sotteville les Rouen
Faubg St Sever
ROUEN
Chapet
Mureaux
Meulan

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

SEPTEMBRE 1891

N° 3.

DES

COEFFICIENTS DE RÉSISTANCE

DES

FERS ET ACIERS

PAR

M. CONTAMIN

Le calcul des dimensions à donner aux pièces des machines et constructions métalliques dépend, tout d'abord, des fatigues moléculaires que la matière, composant ces pièces, peut subir sans perdre ses qualités résistantes et élastiques puis, pour les machines, de questions de frottements et usures que nous n'avons pas à examiner ici.

Les fatigues moléculaires subies par les différents éléments d'une section quelconque d'une pièce, sont représentées, pour chacun d'eux, par une force qui a pour équivalentes, lorsqu'on la décompose en efforts normaux à la section et parallèles à cette même section : des tensions ou compressions et des efforts tranchants et de glissements, que les théorèmes généraux de la mécanique et les théories de la résistance permettent toujours de déterminer avec une grande exactitude.

Les relations entre ces efforts moléculaires, les dimensions de la pièce, et les forces extérieures dont elle a à subir les actions, étant établies, il faut, pour en déduire les dimensions, connaître les valeurs numériques qu'on peut attribuer à ces efforts moléculaires; valeurs que l'on désigne sous le nom de coefficients de résistance.

Ces valeurs ne peuvent être déduites que d'expériences pratiques

exécutées sur les propriétés résistantes des matériaux employés à la construction de la pièce considérée. Ces expériences déterminent, tout d'abord, les tensions, compressions, efforts tranchants et efforts de glissements longitudinaux répondant à la rupture; elles recherchent ensuite les valeurs des efforts qui expriment la limite de l'élasticité de la matière pour chacun de ces genres de fatigue, et constatent enfin les déformations longitudinales et transversales qui caractérisent chacun de ces phénomènes.

Nous posons, comme principe du calcul des dimensions, après étude très complète de cette question et de nombreux essais exécutés sur ce sujet par la Compagnie du chemin de fer du Nord, qu'il ne faut admettre que des fatigues inférieures *au tiers de la limite d'élasticité*, toutes les fois qu'on ne considère dans le calcul que l'*action statique* des forces déformatrices ; et *ne pas dépasser la moitié de ces efforts*, lorsqu'on détermine les fatigues moléculaires, en tenant compte de *toutes les conditions dynamiques* et autres résultant de l'action des forces déformatrices.

Établissons tout d'abord les propriétés résistantes des matières employées dans le laminage des rails, dans la construction des essieux, et dans celle des tabliers et grandes charpentes métalliques. Nous y trouverons la justification des règles que nous venons d'indiquer.

Si l'on considère les rails, essieux et bandages, on constate qu'on ne fait plus usage, pour la fabrication de ces pièces, que d'aciers de qualités appropriées aux fatigues toutes spéciales auxquelles chacune d'elles peut avoir à résister. L'étude de leurs conditions de résistance démontre que leurs dimensions répondent précisément aux conditions indiquées plus haut.

Pour les tabliers métalliques et charpentes métalliques c'est du fer qu'on fait généralement usage, mais on choisit uu métal d'une qualité douce et caractérisée par de grands allongements après rupture. L'acier *extra-doux*, d'un prix sensiblement égal, commence à se répandre, lui aussi, dans ce genre de constructions. Et si nous ne parlons tout d'abord que du fer, c'est que, seul, il permet d'invoquer une expérience de 30 à 40 années, comme justification des coefficients que nous indiquerons comme bases des calculs des ossatures des ponts et charpentes.

Nous citons, pour justifier nos chiffres, les résultats des essais que nous exécutons et poursuivons au chemin de fer du Nord sur cette question. — Les résultats auxquels nous arrivons ne doivent différer évidemment que fort peu de ceux obtenus dans les autres

Compagnies, car elles imposent toutes à peu près, les mêmes conditions de réception aux maîtres de forges.

Des essais d'éprouvettes de dimensions parfaitement définies, déterminent, pour les aciers doux et les fers, les charges de rupture et allongements après rupture, ainsi que les limites d'élasticité et les coefficients d'élasticité caractérisant ces matières. Les résultats obtenus par la traction directe sont généralement un peu inférieurs à ceux qui résultent des essais de flexion, aussi est-il intéressant de déduire, toutes les fois qu'on le peut, les limites et coefficients d'élasticité, d'essais de flexion exécutés sur des pièces similaires et de même nature

La constatation de ces faits est facile à faire avec les rails, en les soumettant à une série de pressions successives. On déduit de ces essais, non seulement les différences existant entre les limites d'élasticité, dans le cas de flexion et traction, mais ils présentent encore un autre avantage : c'est de permettre de vérifier la constance de la fabrication comme homogénéité et qualité des produits.

Pour déterminer bien exactement la limite d'élasticité des rails, voici comment on procède au Chemin de fer du Nord : on place un rail sur la presse d'essai et on le soumet successivement, en répétant trois fois chaque essai, à l'action de charges croissantes, dont les valeurs varient avec le type de rail considéré.

Nous indiquons ci-dessous celles adoptées pour les deux types de rails de 43 et 30 *kg* le mètre,

Rails de [43,215 *kg*] :

12 000 *kg*, — 15 000 *kg*, — 20 000 *kg*, — 25 000 *kg*, — 30 000 *kg* et 35,000 *kg*.

La limite d'élasticité étant atteinte dans les environs de 40 000 *kg*, on n'augmente plus la charge successivement que de 2 500 *kg*, 1 500 *kg*, 1 000 *kg* et 500 *kg*. Dès l'apparition de la première flèche permanente, on considère la limite d'élasticité atteinte et l'on continue par : [45 000 *kg*], [50 000 *kg*], 55 000 *kg*], et cela tant que les répétitions de cet effort ne modifient pas, pour une même charge, la flèche permanente.

Quant aux rails [*30 kg*], pour lesquels la limite d'élasticité répond à une charge dans les environs de 27 000 *kg*, on prend pour valeurs successives de ces forces :

12 000 *kg*, — 15 000 *kg*, — 17 000 *kg*, — 20 000 *kg*, — 22 000 *kg*,

pour augmenter successivement de 1 500 *kg*, 1 000 *kg* et 500 *kg*, jusqu'au moment où se produit la première flèche permanente.

On termine en considérant successivement l'effet produit par : [30 000 *kg*], 35 000 *kg*] et [40 000 *kg*].

On laisse chacune de ces charges agir pendant cinq minutes ; on relève avec soin les flèches constatées que les appareils de mesure déterminent à moins de 1/10 de millimètre. et on obtient ainsi des courbes représentatives de la relation entre la flèche élastique et la charge, qui permettent de calculer, avec une grande précision, les limites et coefficients d'élasticité caractérisant la matière.

La limite d'élasticité se trouve ainsi déterminée à 500 *kg* près.

Nous reproduisons *(planche 47, 1, 2, 3)* trois de ces diagrammes se rapportant à trois rails, dont deux, l'un de 30 *kg* et l'autre de 43 *kg*, ont été fabriqués dans l'usine de Denain ; quant au troisième, il a été laminé dans l'usine des Aciéries de France, à Isseberg.

Nous résumons dans les tableaux ci-après les valeurs des coefficients et limites d'élasticité déduites de ces diagrammes, et ajoutons à ces caractéristiques de la matière, composant les rails, leur résistance par traction directe, les déformations qu'ils subissent sous l'appareil au choc, et enfin leur composition chimique.

L'acier avec lequel nos rails sont laminées peut donc être considéré comme caractérisé par une limite d'élasticité à la flexion de 50 *kg* par millimètre carré en nombre rond, et un coefficient d'élasticité compris entre (18) et (19) $\times 10^9$. Ce chiffre de 50 *kg*, qui donne une limite de grande sécurité [de 25 à 26 *kg*] par millimètre carré de section semble *a priori* élevé ; il est cependant absolument nécessaire comme il résulte des chiffres de fatigues que nous résumons succinctement ci-après :

Si on considère un rail 30 *kg* posé sur ses dix traverses et que l'on recherche la position la plus défavorable à sa résistance occupée sur ce rail par une locomotive à grande vitesse, locomotive dont nous avons étudié les conditions de stabilité *(voir pl. 47, fig. 1)*, voici à quels résultats on arrive :

Le plus grand moment fléchissant, dû à l'action statique des pressions des roues sur le rail, est obtenu lorsqu'on suppose à la locomotive la position indiquée sur la figure 1 de la planche 47, position qui suppose nulle la réaction de l'appui *(5)*. Cette réaction, lorsqu'on suppose les appuis de niveau, est en effet négative et atteint une valeur de près de 1 400 *kg*. Comme le poids de la traverse et l'adhérence du ballast ne peuvent équilibrer qu'une

NOM de L'USINE	POIDS DU RAIL et NUMÉRO DE COULÉE (1891)	COEFFICIENTS DE RÉSISTANCE — CAS DE LA FLEXION — CHARGE répondant à la limite d'élasticité	FLÈCHES correspondantes	COEFFICIENTS d'élasticité E	LIMITES D'ÉLASTICITÉ — PATIN compression	LIMITES D'ÉLASTICITÉ — BOURRELET extension	CAS DE LA TRACTION DIRECTE — CHARGE de rupture R	ALLONGEMENT au moment de la rupture R	(R + 2A)	LIMITES d'élasticité Re	OBSERVATIONS
		kg	*mm*		*kg*	*kg*	*kg*	%		*kg*	
Denain	30,400 *kg* Coulée 6177	27 000	3,65	19,3 × 10^6	51,45	50,88	71	21	115	40	L'essai à la traction est exécuté sur les deux moitiés du rail, la première moitié provient de la partie haute du lingot, la seconde de la partie basse.
Denain	43 *kg* Coulée 4425	43 000	3,44	17,75 × 10^6	46,15	50,70	69	19	107	40	
Issberg	43 *kg* Coulée 8357	43 000	3,25	18,70 × 10^6	45,41	49,92	73 75,3	15,5 15,5	104 106,3	40 39,50	

Résistance au choc. — Composition chimique.

NOM de L'USINE	POIDS DU RAIL et NUMÉRO DE COULÉE	POSITION dans LE LINGOT	FLÈCHES (MOUTON DE 300 *kg* — APPUI A 1 *m*) — 1,500	2,000	2,500	3,000	3,500	4,000	4,500	5,000	DANS UN GRAMME — Carbone	Manganèse	Silicium	Phosphore	Soufre	OBSERVATIONS
			mill.	*mill.*	*mill.*	*mill.*	*mill.*	*mill.*	*mill.*	*mill.*	*mmg*	*mmg*	*mmg*	*mmg*	*mmg*	
Denain	30 *kg* Coulée 6177	H	5	11	19	26	36	48	60	»	3,90	3	0,65	0,96	0,19	Les flèches sont exprimées en millim. et la proportion des métalloïdes en milligrammes.
Denain	43 *kg* Coulée 4425	H	2	6	10,5	16	23	31	39	49	3,9	3	0,74	0,96	0,20	
		B	2	6	10	16,5	24	32	40	49						
Issberg	43 *kg* Coulée 8357	H	2	4	8	13	18	24	29	36	3,9	6,3	0,46	0,42	0,25	
		B	1,5	4	8,5	13,5	18	24	29	36	3,9	6	0,46	0,42	0,27	

faible partie de cette réaction négative, il en résulte que l'action de la traverse *(n° 5)* disparaît comme appui.

A cette position de la locomotive correspond un moment fléchissant :

$$\mu_m = 1\,132,$$

qui représente, à fort peu de chose près, la moyenne entre le moment fléchissant que l'on obtiendrait en admettant, comme le font quelques auteurs, que les fatigues qui se développent sont mesurées par la moyenne de celles calculées en supposant successivement le repos libre sur deux traverses consécutives et l'encastrement au-dessus des traverses. Mais comme cette dernière manière de calculer ne fait pas connaître la répercussion de l'action des roues sur les appuis qui précèdent et suivent, il n'y a pas lieu de l'adopter.

A ce moment fléchissant répondent comme fatigues :

Une compression dans le bourrelet :

$$R_c = [7\,742] \times 1\,132 = 8{,}750\ kg \qquad (1)$$

et une tension dans le patin :

$$R_t = [7\,981] \times 1\,132 = 9{,}018\ kg \qquad (2)$$

fatigues inférieures au cinquième de la limite d'élasticité.

Mais l'état de mouvement modifie cette situation et augmente d'autant plus ces tensions et compressions que la vitesse de la machine est grande. Si on considère le cas de la plus grande vitesse celle de 28 *m* par seconde, c'est-à-dire de 108 *km* à l'heure, on trouve qu'à chaque tour répond pour l'une des roues motrices une position de la bielle pour laquelle la pression que la roue exerce sur le rail se trouve augmentée d'un effort oblique dont les composantes verticales et horizontales ont pour valeurs :

$$(Y = 1\,470\ kg) \text{ et } (X = 1\,036\ kg).$$

Effort dû à l'influence exercée par les forces d'inertie.

La composante (Y) fait naître un moment fléchissant dans le sens longitudinal égal à :

$$\mu_{y1} = 1\,470 \left[\frac{3}{16} \times 0{,}80\right] = 220,$$

d'où des fatigues additionnelles dans le bourrelet et le patin égales respectivement à

$R'_c = [7\,742] \times 220 = 1{,}07\ kg$ et $R'_t = [7\,982] \times 220 = 1{,}755\ kg.$

. Quant à la composante (X) elle produit dans le sens horizontal et transversal un moment fléchissant :

$$\mu_h = \left[1030\right]\left(\frac{3}{16} \times 0{,}8\right]) = 150$$

faisant naître dans les arêtes extrêmes du bourrelet et du patin des tensions et compressions ayant pour valeurs :

$$\text{Bourrelet : } R_h = 26\,313 \times 150 = 3{,}948\ kg,$$
$$\text{Patin : } R'_h = 45\,464 \times 150 = 6{,}819\ kg$$

d'où deux arêtes extrêmes pour lesquelles ces fatigues s'ajoutent aux efforts moléculaires déjà calculés ce qui dans chacun de ces cas donnent comme résultantes des compressions et tensions :

Cas où elles s'ajoutent :

Bourrelet. . $R_c = 8{,}75 + 1{,}07 + 3{,}94 = 13{,}76\ kg$, (compression)
Patin . . . $R_t = 9{,}014 + 1{,}755 + 6{,}82 = 17{,}60\ kg$ (tension).

Cas où elles sont de sens contraire :

Bourrelet. . $R'_c = 9{,}82 - 3{,}94 = 5{,}88\ kg$ (compression)
Patin. . . . $R'_t = 10{,}77 - 6{,}82 = 3{,}93\ kg$ (tension)

Ces chiffres dont l'un dépasse légèrement le tiers de la limite d'élasticité, seraient parfaitement acceptables si d'autres causes ne venaient pas ajouter à la fatigue.

Ces causes existent et résultent du mouvement vibratoire imprimé au rail par le passage des machines. Si l'on admet, dans la section considérée pour valeur de cette action, la moyenne entre celles qui se rapportent à l'appui libre et à l'encastrement, on obtient d'après les formules de Phillips un accroissement de valeur dans le moment fléchissant donné par la formule :

$$\mu'_m = \mu_m \left[1 + 0{,}0127\ \frac{P V^2}{EI}\ a\right],$$

d'où en prenant pour valeurs de (E) et de (I) :
$E = 19{,}10^9$, I (sens vertical) $= 0{,}00000795$, I (sens horizontal) $= 0{,}00000107$, et $[a = 0{,}80\ m]$ on trouve en représentant par (P) la pression exercée par la roue sur le rail.

Résistance dans le sens vertical et longitudinal :

$$\mu'_v = \mu_v \left[1 + 0{,}01016 \times \left(\frac{8\,645}{152\,000}\right) V^2\right] = \mu_m \left[1 + 0{,}00058\ V^2\right],$$

et pour résisance dans le sens horizontal :

$$\mu'_h = \mu_h \left[1 + 0{,}01016 \times \frac{1\,030}{20\,330}\ V^2\right] = \mu_h \left[1 + 0{,}000509\ V^2\right].$$

L'accroissement de fatigue étant proportionnel à celui du moment fléchissant, on obtient enfin, pour valeurs des tensions et compression moléculaires les plus grandes dans l'hypothèse de [XV = 0,28 *m*].

Bourrelet :

$$[R_m = 9{,}82 \times 1{,}45 + 3{,}94 \times 1{,}4] = [14{,}139 + 5{,}516] = 19{,}16 \text{ } kg$$

(compression).

Patin :

$$[R_m = 10{,}77 \times 1{,}45 + 6{,}82 \times 1{,}4] = [15{,}606 + 9{,}548] = 25{,}15 \text{ } kg$$

(extension).

Ces chiffres, tout en étant élevés, ne dépassent que pour le patin, d'une très petite quantité, la moitié de la valeur de la limite d'élasticité. Ils présentent donc toutes les garanties possibles au point de vue de la résistance.

Mais, comme les frais d'entretien sont proportionnels aux fatigues, et que les exigences toujours plus grandes du service de l'exploitation forcent à augmenter d'une manière presque continue les poids sur les roues motrices, les Compagnies ont intérêt, sur les lignes parcourues par leurs trains rapides, de substituer des rails plus lourds et de réserver les rails 30 *kg* pour les lignes sur lesquelles [V] ne dépasse pas [14 *m*], ce qui réduit la fatigue additionnelle due à la vitesse au quart des chiffres indiqués plus haut et les ramène à des limites tout à fait raisonnables.

Le rail de 43,3 *kg* adopté présente des moments d'inertie dans le sens vertical et dans le sens horizontal, qui réduisent les fatigues dans le premier sens :

Pour le patin : dans la proportion de [1 à 0,566];
Pour le bourrelet : — [1 à 0,650],

et qui est représenté pour les chiffres analogues dans le sens horizontal :

Patin : [1 à 0,51] Bourrelet : [1 à 0,39].

Quant à l'influence de la vitesse, elle diminue, elle aussi, dans une proportion importante, comme il résulte des chiffres ci-dessous :

Forces verticales :

$R_m = R\ (1 + 0{,}00058\ V^2)$, cas du 30 *kg*.
$R'_m = R^1\ (1 + 0{,}00030\ V^2)$, cas du 43 *kg*.

Forces horizontales :

$R_m = R\ (1 + 0{,}000509\ V^2)$, cas du 30 *kg*.
$R'_m = R\ (1 + 0{,}000191\ V^2)$, cas du 43 *kg*,

devenant pour ($V = 28\ m$) soit (108 *km* à l'heure) :

Forces verticales. $\begin{cases} R_m = (1{,}450)\ R, \text{ cas du } 30\ kg. \\ R'_m = (1{,}236)\ R, \text{ cas du } 43\ kg. \end{cases}$

Forces horizontales $\begin{cases} R_m = (1{,}400)\ R, \text{ cas du } 30\ kg. \\ R'_m = (1{,}150)\ R, \text{ cas du } 43\ kg. \end{cases}$

Les fatigues moléculaires qui se développent dans certaines parties des rails d'ancien type de la Compagnie du Nord n'ont altéré en rien leurs propriétés résistantes, comme le démontrent les essais entrepris sur ce sujet et dont nous résumons ci-dessous quelques résultats :

Nos premiers rails en acier fabriqués à Imphy et mis en service en 1867 et 1868, sur les points les plus fatigués du réseau, continuent, quoique ne pesant, à l'origine, que 38 *kg*, à rendre d'excellents services. Nous en avons essayé quatre, retirés des voies pour substitution, et avons constaté des propriétés résistantes on ne peut plus remarquables et qui ne peuvent qu'inspirer la plus grande confiance sur l'avenir des rails en acier.

Ces rails, placés dans les parties en courbe et en pente les plus fatiguées du réseau, ont supporté le passage de plus de 85 millions de tonnes répondant au passage de 456000 trains dont [288600] de voyageurs et [168000] de marchandises.

Le premier de ces rails, essayé au mouton réglementaire de la Compagnie du Nord, du même type que celui des usines, ne s'est cassé que sous une hauteur de chute de 2,500 *m*; ayant conservé toute son élasticité, il faisait, comme par le passé, rebondir le mouton à chaque coup : belle cassure; il était usé de 3 *mm*.

Le second rail, retiré du kilomètre 10^{760} de la ligne de Chantilly, s'est cassé sous une hauteur de chute de 2 *m*, mais il avait le champignon usé de 5 *mm* et son patin réduit de 3 *mm* dans sa largeur.

Le troisième rail, retiré des environs de Goussainville, un des points les plus fatigués du réseau, n'a été cassé que sous une hauteur de chute de 3 *m*, et, fait curieux à citer, il nous a donné très exactement les flèches de notre premier cahier des charges qui stipulait une qualité dure, mais très élastique. Ci-dessous le résultat de ces essais :

Hauteurs de chute.	1 *m*	1,50 *m*	2 *m*	2,50 *m*	3 *m*
Flèches du cahier des charges . . .	1	3	6	11	»
Flèches observées.	0	3	6	10	Rupture

Ce rail avait perdu 3 *mm* sur la hauteur et sur la largeur du patin.

Le quatrième rail, enfin, retiré des environs de Chantilly, qui avait le champignon usé de 3 *mm* et le patin de 4 *mm*, s'est rompu sous une hauteur de chute de 2 *m*, après avoir subi, dans les conditions normales, les hauteurs de chute successives de 1 *m* et 1,500 *m*.

Des barrettes de [200/20/16] découpées dans l'âme ont donné les résultats suivants :

1er rail. — Charge de rupture : 71,10 *k*. — Allongement : 8.5 0/0.
2e id. — id. 67,00 — id. 5 0/0. (rupture au congé).
3e id. — id. 77,1 — Allongement : 6 0/0.

L'acier des premiers rails était d'une qualité dure mais très élastique ; ces résultats sont ceux déjà observés à cette époque. Les analyses faites dans notre laboratoire, sur la matière, ont donné les résultats ci-après :

NUMÉROS D'ORDRE	CARBONE *mgr*	MANGANÈSE *mgr*	PHOSPHOR *mgr*	SILICIUM *mgr*	SOUFRE *mgr*	DEGRÉ DE DURETE d'après Dudley
1	3,2	10	0,31	4,6	0,17	56,76
2	5	8,7	0	1,1	0,137	39,56
3	3,7	13,6	0	2,3	0,17	49,83
4	4,4	12,5	0	5,3	0,20	66,16

Il résulte de ces essais que ces rails, qui ont subi des fatigues constantes de 20 à 22 *kg* pendant 23 ans, ont conservé leurs propriétés résistantes et élastiques. Le fait de ne les faire travailler qu'à la moitié à peine de leur limite d'élasticité qui dépasse un peu 50 *kg*, assure donc une durée qui serait sans limite si d'autres causes ne venaient arrêter leur carrière. Ils ne périssent que

par usure et du fait des actions locales de vapeurs acides qui les attaquent par le patin.

Une publication faite de la traduction d'un ouvrage allemand traitant de l'influence néfaste, disait-on, des alternances dans les efforts sur la durée des pièces métalliques ayant jeté quelques doutes dans l'esprit de plusieurs Ingénieurs, nous croyons devoir présenter quelques observations sur cette question.

Tout d'abord, les essais cités n'ont aucun rapport avec les pièces placées dans les conditions où nous les étudions, puisque les alternances se rapportaient à des efforts dépassant la limite d'élasticité, et que nos fatigues restent généralement au-dessous de la moitié de cette limite.

Un savant de grande valeur, M. Bauschinger, de Munich, a publié en 1886 un beau travail sur ses recherches de l'influence des répétitions des efforts et les limites de l'élasticité dans les fers et aciers et il formule entre autres lois que :

« Les limites des oscillations comptées de zéro à des efforts de » tension et de compression égaux, ne doivent pas dépasser la » limite d'élasticité naturelle, si l'on veut que la matière puisse » supporter un nombre indéfini de ces oscillations. »

Les pays qui entourent l'Allemagne : la Russie, l'Autriche, la Hollande, la Belgique et l'Angleterre, pays dont les Ingénieurs sont fort studieux et très au courant de ce qui se fait et se publie, n'ont jamais accepté cette influence attribuée à l'alternance et n'en disent pas le moindre mot dans les instructions administratives qu'ils ont eu à préparer pour leurs gouvernements.

Sans chercher d'autres explications, nous avons chez nous et dans toutes nos Compagnies une démonstration éclatante, et de tous les jours, de ce fait que la répétition de l'alternance n'a aucune influence sur les propriétés élastiques des métaux lorsqu'on reste au-dessous des limites d'élasticité.

Prenons comme exemple un essieu d'un de nos grands wagons d'express.

Le diamètre moyen des roues étant de 0,965 *m*, il en résulte que dans le parcours de 108 *km* à l'heure, chaque roue accomplit 9,55 révolutions par seconde et que chaque élément subit de ce fait 19,10 alternances d'efforts passant de 0 à des tensions et compressions égales.

Et ces essieux parcourent souvent plus de 800 000 *km* et ne sont retirés du service que par suite d'usure des fusées.

Si nous recherchons les fatigues mises en jeu, et si nous admet-

tons les répartitions de charges indiquées (*planche 47, fig. 2*), nous aurons, en considérant l'une des roues, une réaction totale du rail contre la roue de 3 350 *kg*, comprenant le poids de la roue et celui d'un demi-essieu évalués 560 *kg*, et une charge verticale sur la fusée de 2 790 *kg*, d'où une fatigue dans les fibres extrêmes de la section d'encastrement de cette fusée.

$$R = \left[\frac{10,19}{d^3}\right](\mu = 2790 \times 0,10)] = 10\ 190 \times 279 = 2,843\ kg \text{ par } mm^2.$$

Et une compression au contact du coussinet et de la fusée :

$$N = \frac{2\ 790}{0,20 \times 0,10} = 139\ 600\ kg$$ par mètre superficiel, soit 140 000 *kg* en nombre rond, chiffres tout à fait satisfaisants.

Mais dans le mouvement du wagon la charge de 2 940 *kg* peut, par suite du passage dans les courbes, de l'oscillation des ressorts et de l'action du vent, être augmentée de près du quart de sa valeur ; il faut donc compter sur une fatigue possible de :

$$R = 3,55\ kg$$ par millimètre carré,

et une compression par millimètre carré :

$$N = 176\ 200\ kg$$ par mètre superficiel

ou 0,76 *kg* par millimètre carré.

Si l'on considère la section milieu de l'essieu, il n'a, dans l'état statique, à résister qu'à un moment de flexion :

$$[2\ 790 \times 0,226 + 115 \times 0,447] = 682,$$

d'où une fatigue statique de :

$$R = \left[\frac{10,19}{d^3}\right] \times 682 = 5\ 225 \times 682 = 3,534\ kg.$$

Le mouvement de lacet fait naître une composante de frottement parallèle à l'axe de l'essieu, dont la valeur est le sixième de la pression totale de 3 350 *kg* sur le rail et qui donne lieu, par suite, à un moment de flexion pouvant s'ajouter au premier et augmenter les fatigues de :

$$R = 5\ 225\ [558 \times 0,482 = 270] = 1,410\ kg,$$

ce qui porte la fatigue à 4,94 *kg*, et, en considérant les influences des courbes des ressorts et du vent qui chargent une roue plus que l'autre, on peut admettre une fatigue du fait des flexions égale à :

$$R = 6\ k$$ en nombre rond.

Ces essieux sont fabriqués avec un acier d'une résistance moyenne à la rupture égale à 50 *k*, d'un allongement de 20 0/0

(*éprouvette de 100*) et présentant une limite d'élasticité égale à 25 ou 26 *kg*.

Les 19 alternances par seconde se rapportent donc à une matière subissant des tensions et compressions ne dépassant pas le quart de la limite d'élasticité de la matière ; elles ne peuvent donc altérer en rien les propriétés résistantes et élastiques de la matière. Admettant même que du fait d'une voie un peu déformée après des intempéries de saison, par exemple, il y ait lieu de se préoccuper des chocs au passage des joints de la voie, ces chocs ne pourront que doubler la fatigue et cette dernière restera toujours au-dessous de la moitié de la limite d'élasticité.

Les freins, lorsqu'on les serre ajoutent, il est vrai, une certaine fatigue à celles que nous venons de passer en revue, mais elles sont peu importantes. Le serrage des freins peut être évalué, en effet, à 1 000 *kg* et donne lieu à couple de torsion dont la valeur est égale à :

$$P_p = f \times 1\,000 \times 0{,}482 = (482)\,0{,}15 = 72{,}3$$

et fait naître des fatigues transversales sur les éléments à la surface de l'essieu, égales à :

$$F_g = \frac{5{,}09}{d^3} \times 482 \times 0{,}15 = 0{,}189\ k$$

qui n'ont pas d'importance.

L'action du frein ne donne pas seulement naissance au couple de torsion que nous venons d'examiner, il fait naître également une flexion transversale mesurée par un moment, dans un plan horizontal, dont la valeur est 1 000 *kg*, multipliée par la distance des plaques de garde au plan moyen des roues, d'où un couple :

$\mu_h = 1\,000 \times 0{,}22 = 220$, et une fatigue additionnelle :

$$R = 2{,}227\ k,$$

fatigue qui ne modifie que très peu le chiffre indiqué plus haut, comme le démontre le calcul ci-dessous dans le cas de flexions simultanées dans deux plans perpendiculaires et d'un couple.

L'effort moléculaire le plus grand qui se développera dans chaque section est donné en effet par la formule :

$$R = \frac{16}{4d^3}\sqrt{(P_p)^2 + 4\left[\frac{\mu_y^2 + \mu_x^2}{\sqrt{\mu_y^2 + \mu_x^2}}\right]^2} = 5{,}11\ k \text{ par mm}^2,$$

au lieu de 4,94 *k* trouvés plus haut.

Ces fatigues garantissent la durée et la conservation des propriétés mécaniques, puisqu'elles ne représentent à peine que le tiers de la limite d'élasticité.

Les essieux des grandes machines à outrance sont plus fatigués que ceux que nous venons de passer en revue, mais comme la résultante des fatigues ne dépasse pas sensiblement la moitié de la limite d'élasticité de la matière, le mouvement a 28 *m* par seconde et les alternances n'altèrent en rien les qualités résistantes et élastiques de ces essieux, dont la durée serait infinie si des raisons étrangères à l'élasticité ne venaient pas en provoquer le remplacement.

Si nous considérons le diagramme de la seconde roue d'une de ces machines, nous avons, à l'état statique, une pression exercée par chaque roue sur le rail égale à 7 250 *kg*, composée d'une pression sur la fusée égale à 5 509 *k* et d'un poids de 1 741 *k* représentant celui d'une roue et d'un demi-essieu, ainsi que le poids de la manivelle et la moitié de celui d'une bielle d'accouplement, fixée à 0,575 du plan moyen de la roue.

Au moment de la mise en marche, on a la bielle presque au niveau de l'axe, et la section milieu (AB) a à supporter un moment de flexion vertical :

$$M_y = 5\,534 \times 0{,}24 + 1\,716 \times 0{,}027 = 1\,374.$$

Un moment fléchissant horizontal dans le plan de l'essieu, si nous considérons une position voisine du point mort, égal à :

$$M_h = 5\,000 \times 0{,}560 = 3\,760.$$

Et un couple de torsion

$$P_p = 5\,000 \times 1 = 5\,000.$$

Le diamètre du corps de l'essieu étant de 0,16, il en résulte une fatigue résultant de celles dues à ces trois causes, égale à :

$$R = \frac{16}{\pi d^3}\sqrt{(P_p)^2 + 4\,(M_y^2 + M_h^2)}$$

$$= 1240\sqrt{(5000)^2 + 1 + \left[\frac{3760]^2 + 1374^2}{\sqrt{(3760)^2 + 1374^2}}\right]^2} = 11{,}700\ kg,$$

auquel il y a lieu d'ajouter la fatigue produite par la réaction du couple émanant de la voie, pour équilibrer celui du mouvement de lacet, et qui, pour cette position de la bielle et une vitesse de 28 *m* par seconde, a une valeur de 3.240, d'où un moment fléchissant dans le sens vertical égal à :

$$\mu = \left[\frac{3240}{2{,}59} \times 1.00\right] = 1245,$$

et une fatigue additionnelle :

$$R = (1\,240 \times 1\,245)\ 2 = 3{,}06\ kg,$$

pouvant porter par suite les fatigues moléculaires à :

14,700 *kg*.

Cette fatigue diminue assez sensiblement dès que la vapeur se détend

Nous négligeons les accroissements et diminutions de pression sur les rails qui rapprochent la résultante du côté où elle augmente, ce qui réduit les bras de leviers des couples de flexion, d'où une influence négligeable du fait de cette action.

Ces essieux, à cause du grand diamètre des roues, ne font que 4,05 tours par seconde pour 28 *m* par seconde. Ils ne donnent donc lieu qu'à 8,10 alternances Quant aux 14,70 *kg* de tensions et compressions, comme ils sont encore loin de la limite d'élasticité qui, pour ces aciers de 50 *kg* à 20 0/0, est comprise entre 25 et 26, il en résulte que la matière n'éprouve, du fait des charges et efforts variables, aucune altération, puisque le maximum dépasse à peine la moitié de la limite d'élasticité. Ces essieux droits parcourent des centaines de mille kilomètres sans être retirés du service.

Ces considérations montrent que le fait de rester dans la première moitié de la limite d'élasticité, ou, si on la dépasse, de ne le faire qu'accidentellement et de très peu, comme c'est le cas cité plus haut, donne toute assurance sur la conservation infinie des propriétés résultantes. Elles montrent également combien il est important, là où intervient le mouvement, de bien apprécier son influence sur les efforts intérieurs.

Ces considérations ont été développées dans le but de montrer combien, dans les études de résistance, il est important de calculer et définir tous les éléments de la fatigue.

La même nécessité s'impose dans l'étude et la construction des tabliers métalliques, et la Compagnie du Nord étudie toutes les dimensions de leurs ossatures, en admettant comme coefficient de résistance maximum le tiers de la limite d'élasticité, lorsqu'on ne considère dans les calculs que l'action statique des charges. Elle fait plus encore pour les pièces de petites longueurs, longerons et entretoises; plus sensible aux actions des charges mobiles que les ponts, elle ne prend que le quart de ce coefficient.

Lorsque les ponts sont étudiés de manière à avoir toutes leurs parties bien proportionnées et largement rivées, ils peuvent conserver indéfiniment leur propriété de résistance.

Lorsqu'il arrive à la Compagnie du Nord d'être obligée de renforcer des ponts anciens, et quelquefois de les remplacer par d'autres, pour raisons de modifications dans les profils ou condi-

tions d'exploitation, on découpe dans les pièces démontées des éprouvettes et on les soumet aux épreuves prescrites dans les cahiers des charges. On découpe ces éprouvettes en double et on prend, sur les différentes catégories de fers composant les tabliers, des échantillons pour essais en long et en travers. Les résultats obtenus, dont nous donnons ci-dessous quelques exemples, démontrent, de la manière la plus évidente que les propriétés résistantes du fer sont restées intactes.

Ainsi, si je prends le pont de Bazuel, construit en 1855 pour le passage de notre ligne de Paris à Erquelines, sur la route du Cateau à Ars, nous trouvons :

	Charge de rupture.	Allongement.	
	—	—	
Poutres :			
Semelles supérieures..	33,0 *kg.*	7,5 0/0 (barrette de 200 et en long)	belles cassures soyeuses et à nerf.
Semelles inférieures .	30,6	8,0 0/0	
Ame supérieure . . .	32,4	6,0 0/0 en long (barrette de 0,100),	pour comparaison avec essais en travers ci-dessous.
Ame supérieure . . .	24,8	1,5 0/0 en travers (barrette de 0,100),	en travers.
Entretoises :			
Ame	33,6	7,5 0/0 (barrette de 200),	en long.
Ame.	34,5	8,0 0/0 (— de 100),	pour comparaison avec essais en travers.
Ame	25,2	1,0 0/0 (— de 100),	en travers.
Longerons :			
Cornières supérieures.	33,9	7,0 0/0 (— de 200),	en long.
Cornières inférieures .	40,4	4,5 0/0 (— de 200)	—
Autres longerons :			
Cornières supérieures.	33,7	7,0 0/0 (— de 200)	—
Cornières inférieures .	31,5	12,5 0/0 (— de 200)	—
Ame	34,8	10,5 0/0 (— de 200)	—
Ame	34,7	9,0 0/0 (— de 200)	—

Le pont en arc sur la Sambre, près d'Aulnoye, construit en 1854, a été renforcé dans toutes ses parties pour supporter dans des conditions normales ses nouvelles charges.

Plates-bandes supérieures.

Rupture	39 *kg*,	allong.	22 1/2	0/0,	all. sur	200 *m*	longueur.
—	39,3	—	25	—	—	—	—
—	38,8	—	14	—	—	100	—
—	38,9	—	14,5	—	—	100	—
—	38,5	—	13,4	—	—	100	—
—	32,2	—	2	—	—	100	—
—	30,5	—	2 3/4	—	—	100	—
—	27,8	—	13 1/4	—	—	100	—

Ces résultats, obtenus sur des pièces détachées de tabliers sur lesquels nos trains circulaient avec une vitesse extrême et occasionnaient des fatigues de 9 et 10 *kg*, dépassent un peu la moitié de la limite d'élasticité qui, pour ces fers, répond à 17 ou 18 *kg*, et démontrent que pour les ponts, comme pour les applications aux rails et essieux considérées plus haut, on peut faire subir aux fers les efforts les plus variés et alternés dans certaines parties sans rien changer à leurs conditions élastiques, tant qu'on ne dépasse que de petites quantités la limite d'élasticité. Tous les essais rappelés plus haut s'appliquent à une même plate-bande.

Tous les pays cités plus haut admettent la constance du coefficient pour une même portée.

Nous reproduisons ci-après les articles de ces circulaires se rapportant aux coefficients de résistance.

L'étude de ces circulaires montre qu'ils admettent une augmentation du coefficient de résistance pour les grandes portées. Mais tout en comprenant un léger accroissement de ce coefficient pour l'industrie privée, je crois déclarer ne pas devoir en profiter dans les constructions de la Compagnie du Nord. Nous avons reconnu en effet qu'il fallait constituer les ponts avec des fers ayant une forte épaisseur, à peu près la même pour tous les échantillons entrant dans la composition d'une même série de pièces, telles que : poutres, entretoises, longerons; puis ne pas chercher à faire varier les sections. Les ouvrages étudiés dans ces conditions se conservent et ne vibrent que peu sous le passage des trains.

Nous attachons une grande importance aux montants, goussets et aux renforcements des poutres au-dessus des appuis, afin de tenir compte des actions des entretoises en dehors du plan de symétrie. Il y a lieu enfin de composer les montants de manière à relier très solidement les plates-bandes supérieures et inférieures des poutres

Il est bien certain que, dans ces conditions, il est préférable de ne pas depasser, pour ces pièces, le coefficient de 6 *kg*, qui représente *le tiers* de la limite d'élasticité, car la fatigue moléculaire se trouve augmentée au moment du passage des trains, devenant de plus en plus lourds et rapides, de deux éléments qu'il y a lieu de ne pas perdre de vue dans l'étude des conditions de résistance d'un tablier.

Les charges distinctes qui circulent sur un tablier n'appuient pas directement sur les poutres, mais par l'intermédiaire d'entretoises, d'où, pour chacune des sections d'attache de ces pièces, un effort qui, étant la résultante de plusieurs des charges distinctes

en mouvement, fait naître dans cette section des fatigues additionnelles plus ou moins importantes. Mais, comme la fatigue des éléments de la pièce se trouve être la résultante des efforts moléculaires développés du fait de la charge permanente et de ceux produits par les charges mobiles, la somme de ces tensions ou compressions longitudinales, efforts de tranchants et de glissements, est d'autant moins influencée par les charges mobiles que le poids de la construction est grand.

Pour les entretoises et les longerons, dont le poids est relativement faible, comparé à l'importance des forces mobiles, l'action de ces dernières est celle qui prédomine ; aussi est-il prudent d'adopter dans le calcul de leurs dimensions comme coefficients de résistance : [4,5 *kg*] pour les entretoises et [4 *kg*] à peine pour les longerons.

Le second élément, qui joue un rôle important, résulte des vibrations ; il est difficile à chiffrer avec exactitude, mais d'après les formules de déformation et les travaux si remarquables de notre illustre savant et regretté maître Phillips, on peut affirmer que cette influence est d'autant moins grande que le rapport de la charge mobile au moment d'inertie de la section normale au plan de flexion est petit, que la masse à faire vibrer est grande.

Les entretoises et longerons qui subissent directement les actions des charges mobiles sont les parties du tablier les plus fatiguées par le phénomène des vibrations ; on ne peut remédier à cette situation que par un abaissement de la valeur des coefficients de résistance.

La rivure est pour nous un élément extrêmement important à étudier et nous n'admettons pas de cisaillement ; posés à chaud, ils ne doivent agir que par le serrage l'une contre l'autre des surfaces réunies et c'est ce qu'ils font lorsqu'on se contente de ne demander que **4** *kg* à l'adhérence mise en jeu, c'est-à-dire entre le tiers et le quart de l'effort qui ferait glisser les surfaces les unes sur les autres, lequel est compris entre **15** et **16** *kg*. Il faut éviter le cisaillement des rivets, car ils sont alors rapidement détruits, et il ne faut pas exagérer l'épaisseur des pièces réunies parce qu'ils sont exposés, dans ce cas, à être refroidis avant d'être terminés comme pose.

Ces coefficients donnent toute quiétude et sont basés sur une règle bien simple : le tiers de la limite de l'effort au delà duquel les conditions classiques du glissement ne sont plus remplies. Et cette règle est indispensable à adopter lorsqu'on ne s'occupe que des effets dus à l'action statique des charges.

Nos tôles doivent résister à 36 *kg* avec 10 0/0 d'allongement; nos lames profilées à 34 *kg* avec 9 0/0, et nos rivets à 38 *kg* avec 28 0/0 d'allongement.

Les aciers très doux que la Compagnie compte employer dans la construction de ses ouvrages lorsque des conditions spéciales imposent une faible hauteur pour les poutres, sont définis par les qualités résistantes indiquées ci-après :

Tôles et plats de 0,500 *m* :

Moyenne de rupture, 44 *kg* ; allongement, 24 0/0 (tant en long qu'en travers).

Barres profilées :

Moyenne de rupture, 44 *kg* ; allongement, 28 0/0.

La limite d'élasticité de ces aciers oscillant autour de 21 *kg*, c'est-à-dire étant plus élevée que celle du fer d'environ 1/5, on peut sans aucun inconvénient adopter pour les poutres un coefficient de 7,50 *kg* par millimètre, mais ne prendre pour les entretoises que 5 *kg* et 4 *kg* pour les longerons.

Ces coefficients supposent la section nette, c'est-à-dire déduction faite des trous de rivets.

Nous donnons ci-après les extraits des circulaires et instructions russes, autrichiennes, belges, hollandaises et anglaises se rapportant à cette question des coefficients de sécurité.

On y retrouve partout le caractère de l'appropriation du coefficient aux conditions spéciales de résistance de la poutre du tablier, poutre entretoise, dont on a à calculer les dimensions.

La communication la plus importante et en même temps la plus développée qui nous a été faite à ce sujet est celle de notre sympathique et estimé collègue, M. Belelubsky, Professeur de l'Institut impérial des Ingénieurs des voies et communications, directeur du laboratoire, vice-président de la section des constructions, qui a pris une si grande part à l'élaboration des instructions et circulaires si bien étudiées et si complètes du gouvernement russe sur les conditions dans lesquelles doivent être établis les tabliers métalliques.

L'étude de ces documents démontre un grand esprit de recherches et une connaissance parfaite des propriétés résistantes des matériaux.

Le juste hommage rendu à la rigidité des nombreux ouvrages métalliques qne notre excellent collègue a eu à faire construire, et à l'ingéniosité des combinaisons imaginées pour les réaliser, lui

font le plus grand honneur et justifient la haute situation qu'il occupe dans son pays et la confiance que lui témoigne son gouvernement.

Ces instructions, que l'on trouvera ci-après dans notre *Bulletin*, seront consultées avec le plus grand intérêt par tous les Ingénieurs qui s'occupent de cette belle question des constructions métalliques.

RUSSIE

CIRCULAIRE DU MINISTÈRE DES VOIES DE COMMUNICATION DU 18 JUILLET 1875, N° 54.

Coefficients de sécurité pour la superstructure des ponts en fer soudé.

a. Ponts avec ouverture de moins de 15 *m* et pièces de pont pour chaque ouverture :

	Kg par *mm²*
Extension (net) et compression (net).	6,00
Cisaillement dans l'âme verticale.	3,50
b. Ponts avec ouverture au-dessus de 15 *m* :	
Extension (net).	7,00
Compression (moitié net)	7,00
c. Ponts avec poutres à treillis et à montants.	
Pour les brides :	
Extension (net).	7,25
Compression (moitié net)	7,25
Pour les diagonales et montants :	
Extension (net).	7,25
Compression (moitié net)	7,00
Cisaillement dans les tôles verticales	4,50
d. Pour les contreventements dans les ponts de toute ouverture :	
Extension	9,00
e. Rivets :	
Cisaillement des rivets dans les joints des traverses avec les poutres principales et des longrines avec les traverses	5,00
Cisaillement des rivets dans les contreventements. .	7,50
Cisaillement des rivets dans toutes les autres parties de la superstructure métallique à chaque ouverture.	6,00

CIRCULAIRE DU MINISTÈRE DES VOIES DE COMMUNICATION DU 5 JANVIER 1884, N° 60, SUR LES CONDITIONS TECHNIQUES DE CONSTRUCTION DES PONTS MÉTALLIQUES POUR LES CHEMINS DE FER.

I. — On détermine les efforts produits dans les différentes parties des poutres par les poids mobiles, d'après la charge uniforme qui correspond au poids du train défini par l'épure A ci-jointe.

Pour déterminer la charge répartie susceptible de produire un moment fléchissant maximum, le train doit être composé comme l'indique l'épure A; pour obtenir la charge produisant l'effort tranchant maximum, on doit placer les trois locomotives en tête du train, cheminées en avant. Les charges par mètre courant de voie sont alors les suivantes : 15 *t* pour les travées s'élevant jusqu'à 3 sagènes (6,4 *m*) de portée ; 13 *t* 3/4

pour les travées jusqu'à 4 sagènes (8,5 *m*), et 12 *t* 1/2 pour les travées supérieures à 4 sagènes (8,5 *m*).

Les charges uniformes équivalentes déterminées pour les sections à l'extrémité et au milieu des travées sont indiquées dans le tableau B.

a. Pour évaluer les moments fléchissants et les efforts tranchants dans les différentes sections de la travée, on détermine des charges correspondantes par interpolation entre celles indiquées dans le tableau B pour la section du bout et celle du milieu de la travée. En tout cas, la charge minimum pour le calcul des dimensions des montants et des diagonales ne doit pas être moindre que la charge totale exercée sur un nœud de la poutre (une maille).

b. Pour simplifier les calculs, on admet les règles suivantes pour l'emploi du tableau B :

1° Pour les efforts dans les brides de poutre de pont d'une ouverture supérieure à 35 sagènes (75 *m*), on prend pour toutes les sections de la travée une charge mobile générale qui est la moyenne des deux nombres K et K' (à l'extrémité et au milieu de la travée). Pour les travées plus courtes, on peut diviser chacune d'elles en quelques parties, dont le nombre peut, selon l'ouverture, varier de 6 à 12. La charge mobile pour chaque partie représente la moyenne des charges qui correspondent à la section extrême de la partie.

2° De même, pour déterminer les efforts dans les montants et les diagonales, on divise la poutre en plusieurs parties pour chacune desquelles on prend la charge mobile et constante, formule (1).

c. Pour les travées qui ne sont pas indiquées dans le tableau B, on évalue les charges mobiles par interpolation.

d. Pour la travée théorique de la poutre, on prend la distance entre les axes des montants d'about.

e. Les traverses en fer se placent toujours aux nœuds de la poutre; dans le cas de traverses en bois, ce qui a lieu dans les ponts avec le tablier en haut, il est indispensable d'introduire dans le calcul l'effort supplémentaire dans les brides de la poutre, qui résulte de la flexion locale de chaque partie de la bride entre les nœuds, produite par les poids qui se trouvent sur les traverses posées entre les nœuds de la poutre.

II. — Pour calculer les traverses en bois qui s'appuient sur les traverses et les longrines en fer, on doit prendre comme charge les poids exercés par une locomotive à huit roues, dont les essieux sont espacés de 4 pieds 3/4 (1,45 *m*), et exercent chacun une pression de 15 *t*.

III. — Les parties de la poutre soumises à la compression doivent être calculées d'après les coefficients de sécurité, dont le chiffre dépend du rapport entre la longueur des parties comprimées et la dimension transversale minimum de la section.

IV. — Pour calculer les efforts produits dans les contreventements par la pression du vent sur la surface latérale de la superstructure du pont, on fait deux hypothèses, en choisissant dans chaque cas celle qui donne les efforts les plus grands.

a. Première hypothèse. — On prend la pression du vent 1 poud 1/2

par pied carré (235 *kg* par mètre carré) de la surface latérale, en supposant qu'il n'y ait pas de train sur le pont.

b. Seconde hypothèse. — Le pont est chargé par un train; en ce cas, on prend la pression 3/4 poud par pied carré (132 *kg* par mètre carré) de la surface latérale.

Première remarque. — Dans le premier cas, la surface latérale soumise à l'action du vent est représentée par la surface latérale réelle d'une poutre extérieure, du côté de l'action du vent, et, en outre, par une partie de la surface latérale de l'autre poutre, car si le vent agit dans le sens incliné ou en biais, les deux poutres ne se couvrent pas complètement; c'est pourquoi on peut prendre la surface totale de deux poutres de la même travée exposée à l'action du vent, dans les poutres à treillis, comme sensiblement égale à 6/10 de la surface pleine bornée par le contour extérieur d'une seule poutre, et pour les poutres à montants, la moitié (0,5) de la même surface, comptée entre les brides des poutres. En ce cas, la pression du vent sur la surface latérale de la poutre se distribue également entre les contreventements horizontaux supérieurs et inférieurs. Si la partie métallique du tablier se trouve au-dessus des brides des poutres, il faut prendre, de plus, la pression du vent sur la surface latérale du tablier; cette pression supplémentaire doit être prise en entier pour les contreventements supérieurs ou inférieurs selon la disposition du tablier.

Deuxième remarque. — Dans le second cas, quand le train est sur le pont, on évalue la surface totale soumise à la pression du vent, en ajoutant à la surface calculée ci-dessus :

a. Dans les ponts avec tablier en haut, 10 pieds carrés par pied courant du pont (537 *kg* par mètre courant) en prenant 3/5 de la pression latérale correspondante pour chaque espèce de contreventement.

b. Dans les ponts avec tablier en bas, de 10 à 7 1/2 pieds carrés par pied courant (de 537 à 403 *kg* par mètre courant) selon la hauteur des poutres, laquelle varie entre 3 et 20 pieds et plus (1 à 7 *m*); cette pression supplémentaire doit être prise en entier pour le calcul des contreventements inférieurs. On obtient la surface supplémentaire de 10 à 7 1/2 pieds carrés en retranchant de la surface latérale continue du train, par pied courant du pont, celle des intervalles entre wagons voisins et celle existant entre le rail et le plancher des wagons. Le premier nombre (10 pieds) se rapporte au cas où la surface du train n'est pas couverte par la poutre. Dans le second cas (7 1/2) la surface du train est couverte sur la hauteur totale de la poutre, ce qui a lieu dans les ponts avec le tablier en bas et avec des poutres d'une hauteur de plus de 7 *m*.

V. — Pour déterminer les sections des brides dans les poutres principales et les traverses (en supposant que les traverses servent en même temps comme montants des contreventements horizontaux), on emploie les formules suivantes :

a. Pour les brides des poutres principales :

$$R = \frac{P + 0{,}6\,P'}{\Omega} \qquad (1)$$

b. Pour les traverses du tablier :

$$R' = \frac{MZ}{J} + \frac{0{,}5\,P''}{\omega} \qquad (2)$$

Dans ces formules, les lettres ont les significations suivantes : R et R'. coefficients de sécurité en cas de l'action simultanée de la charge verticale et du vent; P et P', les efforts dans la bride provenant de la charge verticale et du vent; Ω, la section de la bride; M, le moment fléchissant produit dans les traverses par la charge verticale; P'', l'effort qui a lieu dans la traverse servant comme un montant des contreventements; $\frac{J}{Z}$, moment de résistance pour la section de la traverse; ω, la partie de la section de la traverse recevant l'effort de compression. Les coefficients 0,6 et 0,5 pris dans les formules (1) et (2) représentent : le premier, le rapport $\frac{7{,}25}{12}$, le second $\frac{12}{6}$, c'est-à-dire le rapport de la tension admise dans les brides de la poutre et de la traverse pour la charge verticale 7,25 et 6 à la tension admise dans les deux cas pour le vent (12 *kg* par millimètre carré).

Remarque. — En tout cas, la tension R pour une seule charge verticale ne doit pas dépasser les coefficients de sécurité admis par la circulaire de 1875, n° 54; en cas de l'action simultanée de la charge verticale et du vent, la tension maximum ne doit pas être supérieure à 300 pouds par pouce carré (7,75 *kg* par millimètre carré).

Circulaire du Ministère des Travaux publics du 25 aout 1888, sur l'emploi du fer fondu dans les ponts.

I. — Le fer fondu est admis pour toutes les parties des ponts, sauf pour les rivets, qui doivent être exécutés en fer soudé.

II. — *a*. La teneur de carbone entrant dans la composition du fer fondu ne doit pas être supérieure à 0,1 0/0, et celle du phosphore à 0,05 0/0.

Pour le fer fondu provenant de la fonte russe, qui est produite par le charbon de bois et contient une petite quantité de phosphore (0,06 0/0), la teneur du phosphore n'est pas limitée.

b. La résistance à la rupture par millimètre carré de section doit être de 34 *kg* au minimum et de 40 *kg* au maximum; la limite d'élasticité ne doit pas être inférieure à 17 *kg* et doit, en général, se rapprocher de la moitié de la résistance à la rupture; l'allongement minimum au moment de la rupture est de 25 0/0 pour une pièce d'essai de 200 *mm* de longueur sur 30 *mm* de largeur.

c. Le fer fondu ne doit ni se rompre, ni présenter aucune crique ou déchirure quand on le courbe à froid et au marteau, de manière que les surfaces intérieures des deux moitiés de la pièce courbée se touchent.

Pour faire les essais indiqués au § II *c*, on coupe des bandes de fer fondu de 250 à 300 *mm* de longueur et de 340 *mm* de largeur. Les bords de ces bandes doivent être limés.

III. — En vue de l'altération des qualités du fer fondu sous le travail mécanique, on doit remplir les conditions suivantes pendant sa fabrication :

a. Le fer fondu, quel qu'il soit, doit être recuit après le laminage, puis ensuite refroidi lentement dans le four à recuire ou dans un chaud bain de sable; à sa sortie du laminoir, la température du fer doit correspondre à celle du rouge cerise. Le recuit a lieu dans l'usine où l'on travaille le fer; les pièces entières sont placées dans le four, dont l'espace doit être suffisant pour que tous les côtés de chacune d'elles soient soumis à l'action des gaz chauds.

b. Il est défendu de poinçonner les trous; ils doivent être forés.

c. Il est permis de travailler avec des ciseaux à froid, à condition que les pièces ainsi découpées soient recuites une seconde fois, ou que leurs bords soient rabotés sur **1 1/2** *mm* de largeur au minimum.

d. En tout cas, les quatre bords des tôles verticales, des brides dans les poutres principales, de l'âme verticale dans les longrines et traverses, ainsi que les bords transversaux des tôles horizontales, des brides des diagonales et des cornières, doivent, après coupage au ciseau, être rabotés sur une largeur de **1 1/2** *mm* au minimum.

e. Il faut faire à chaud tous les plis, après quoi les pièces doivent être refroidies lentement.

Le recuit mentionné en *c* n'a pas lieu si le coupage au ciseau est exécuté entre le laminage et le recuit indiqué en *a*.

f. Il est défendu de poser les pièces chaudes sur la terre humide, de la pierre ou du métal; on doit les placer sur du sable sec.

IV. — Pour faire des essais mécaniques (§ II, *acd*), on prend, dans chaque coulée et d'après le choix de l'inspecteur, deux pièces au moins, dont l'une en fer plat et l'autre en fer façonné, si ce dernier provient de la même coulée que le fer plat; après les avoir fait recuire selon le § III *a*, on en tire les pièces d'essai à la rupture et les bandes pour essai à la flexion et à la trempe. Sur chaque pièce et par chaque mode d'épreuve (rupture, flexion et trempe), on procède à deux essais au minimum. On prend les pièces d'essai dans les côtés opposés du fer à éprouver, et préférablement en travers du laminage, si la largeur de la pièce le permet.

V. — Indépendamment des essais susmentionnés, le contrôle général de la fabrication se fait en choisissant, par chaque cinquante pièces de fer plat et façonné, une pièce dans laquelle on découpe, en différents points et selon le sens du laminage, des pièces d'essai et des bandes qui sont essayées conformément au § II, *bcd*. Le nombre des épreuves de la même espèce pour chaque pièce est de trois au minimum pour la flexion et la trempe, et de cinq pour la rupture. On prend les éprouvettes d'essai pour la rupture dans le centre de la pièce à essayer et dans ses quatre bords en travers du laminage. La différence dans la résistance à la rupture des cinq éprouvettes susdites ne doit pas être supérieure à **4** *kg* par millimètre carré dans les limites indiquées au § II *b*; l'allongement doit être de **25** 0/0 au minimum.

VI. — Les épreuves doivent être exécutées sur des éprouvettes provenant des pièces de fer fondu dans le même état qu'il est présenté à la réception.

Les pièces d'essai doivent être préparées avec la lime, le coupoir et le perçoir, sans pliage, coups de marteau, de ciseau, sans chauffement ni recuit.

ARTICLE 7. — *Coefficients de sécurité* (kilogrammes par millimètre carré *fer fondu :*

(a) Dans les ponts jusqu'à 15 *m* d'ouverture (inclusivement) et dans les pièces de pont, les longrines et les traverses pour les ponts de chaque ouverture :

Extension (net).	6,50 *kg*
Compression (net)	
Cisaillement de l'âme verticale .	3,75 *kg*

(b) Dans les ponts d'une ouverture comprise entre 15 et 32 *m* inclusivement, pour les poutres principales :

Extension (net).	7,25 *kg*
Compression (net)	
Cisaillement de l'âme verticale .	4,25 *kg*

(c) Dans les ponts d'une ouverture au-dessus de 32 *m :*

Pour les poutres :

Extension (net) et compression (moitié net) dans les plates-bandes.	7,75 *kg*
Extension. Croisillons et montants	7,50 *kg*
Cisaillement des tôles verticales .	4,75 *kg*

(d) Dans les contreventements des ponts au-dessous de 30 *m* d'ouverture :

Extension (net)	9,50 *kg*
Compression (net)	8,50 *kg*

(e) Dans les contreventements des ponts au-dessus de 30 *m* d'ouverture :

Extension (net)	9 *kg*
Compression (moitié net). . . .	

(f) Les rivets. — Il est interdit d'employer des rivets en fer fondu :

Coefficients de sécurité pour les rivets en fer soudé :

Cisaillement des rivets dans les assemblages des traverses avec les poutres principales et des longrines avec les traverses.	5,00 *kg*
Cisaillement des rivets dans les contreventements	7,50 *kg*
Cisaillement des rivets dans les autres parties de la construction pour chaque ouverture	6,00 *kg*

REMARQUE. — En cas d'emploi simultané du fer fondu et du fer soudé dans la même construction, les groupes de parties de la même espèce doivent être exécutés en entier avec du fer de la même sorte, c'est-à-dire avec du fer fondu ou avec du fer soudé.

Dans un pont, les groupes susdits sont les suivants :

a. Brides supérieures et brides inférieures des poutres;

b. Montants et diagonales des poutres;

c. Traverses et longrines des contreventements.

Les conditions techniques pour les constructions en fer fondu sont données par la circulaire du 5 janvier 1884, n° 80.

Table A

Charge uniforme équivalente { en pouds, par pied courant. . / en tonnes, par mètre courant. } d'une voie.

Travée théorique		Pour le moment fléchissant et l'effort tranchant maximum à l'extrémité de la travée M_0 et V_0 : $K_0 = K_0'$		Pour le moment fléchissant maximum au milieu de la travée $M\frac{l}{2}$: K		Pour l'effort tranchant au milieu de la travée $V\frac{l}{2}$: K'	
Pieds anglais	Mètres	Pouds	Tonnes	Pouds	Tonnes	Pouds	Tonnes.
7	2,13	362	19,4	262	14	523	28,2
14	4,27	283	15,2	231	12,4	361	19,4
21	6,40	241	13,0	211	11,3	307	16,5
28	8,54	185	9,9	168	9,04	257	13,8
35	10,67	152	8,1	133	7,15	220	11,8
42	12,80	143	7,7	119	6,4	201	10,8
49	14,94	138	7,4	112	6.0	182	9,8
56	17,02	133	7,15	107	5,75	169	9,04
63	19,16	128	6,9	105	5,65	159	8,55
70	21,34	125	6,77	104	5,6	153	8,2
84	25,61	119	6,4	103	5,55	143	7,7
105	32,00	115	6,2	101	5,45	131	7,05
140	42,7	108	5,8	98	5,25	121	6,5
175	53,4	102	5,5	96	5,15	116	6,24
210	64,0	96	5,15	93	5,0	112	6,0
245	74,7	91	4,87	89	4,77	109	5,87
280	85,4	88	4,72	85	4,55	107	5,76
315	96,0	84	4,5	82	4,4	106	5,7
350	106,7	81	4,34	79	4,24	103	5,54
385	117,4	78	4,2	76	4,08	101	5,44
420	128,0	76	4,08	74	3,97	99	5,3
455	138,7	73	3,92	72	3,86	96	5,14
490	149,4	71	3,81	70	3,76	94	5,03
525	160,0	70	3,76	69	3,7	92	4,93

Légende de la Table A.

1° La charge $K_0 = K_0'$ est évaluée en supposant que la charge linéaire du train (trois locomotives et les wagons) occupe la travée entière de manière à obtenir, tout près de l'extrémité de la travée, le moment fléchissant maximum M_0 et l'effort tranchant maximum V_0.

2° Pour évaluer les grandeurs de la charge K, la travée entière doit être occupée par le train (avec les trois locomotives disposées entre les wagons) de manière à avoir le moment maximum M pour $x = \frac{l}{2}$.

3° On a la charge K' si le train, ayant en tête trois locomotives avec les cheminées en avant, occupe la moitié de la travée pour laquelle on cherche l'effort tranchant maximum V.

AUTRICHE

ORDONNANCE DU MINISTÈRE I. R. DU COMMERCE, EN DATE DU 15 SEPTEMBRE 1887

§ 4. — Le travail maximum des matériaux, provoqué par les charges et effets précisés à l'article [3], lettres [*a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *g*, *h*], ainsi que par le poids propre de la construction et calculé par centimètre carré de la surface de section effective (c'est-à-dire déduction faite des trous de rivets et des parties pleines qui ne participent pas au travail), ne devra pas dépasser les limites suivantes :

(a) Pour du « fer soudé » (fer puddlé) soumis à l'extension, à la compression ou au cisaillement :

1° Au-dessous de 40 *m* de portée : 700 *kg*, avec une augmentation de 2 *kg* par mètre de portée ;

2° A partir et au-dessus de 40 *m* de portée, à savoir :

Pour 40 *m*.	780 *kg*
— 80 *m*.	840 *kg*
— 120 *m*.	880 *kg*
— 160 *m*.	900 *kg*

On procédera par interpolation rectiligne pour les valeurs intermédiaires et on prendra, pour les poutres transversales et les longerons, les valeurs qui correspondent à la portée de ces poutres ;

3° Pour calculer la résistance des rivets au cisaillement dans une seule direction : 600 *kg* ; dans plusieurs directions : 500 *kg* ; les parois des trous mesurées en projection sur la section diamétrale ne devant pas avoir à supporter plus de 1 400 *kg* par centimètre carré ;

4° Pour le calcul de la résistance au glissement longitudinal des fibres laminées : 500 *kg* ;

5° Le fer soudé (fer puddlé), ayant une résistance à la rupture de 3 600 *kg* et plus, doit avoir au moins 12 0/0 d'allongement dans le sens du laminage.

Pour une résistance à la rupture inférieure à 3 600 *kg*, l'allongement devra augmenter proportionnellement et pour 3 300 *kg* la plus faible limite de résistance admise il devra s'élever au moins à 20 0/0.

L'allongement sera mesuré sur une éprouvette de 5 cm^2 de section entre deux repères écartés de 20 *cm*. Dans le cas où l'emploi d'une éprouvette de section différente serait inévitable, on déterminera l'écartement des repères par rapport à l'éprouvette-type, de telle sorte que les carrés des écartements soient entre eux comme les sections.

Pour toutes les pièces travaillant à la compression, on aura à tenir compte de la résistance à la flexion par aboutement.

BELGIQUE

EXTRAITS DU CAHIER DES CHARGES ET CONDITIONS GÉNÉRALES CONCERNANT LA CONSTRUCTION ET L'EXPLOITATION DES CHEMINS DE FER CONCÉDÉS EN BELGIQUE (*Moniteur belge* du 12 août 1866, pages 4 441 et 4 442).

ARTICLE 11. — Les matériaux à mettre en œuvre dans les ouvrages à

exécuter devront, chacun dans son espèce, être de la meilleure qualité et exempts de tous défauts capables de compromettre la solidité ou la durée des ouvrages.

Les ouvrages d'art seront en général construits en maçonnerie, en tôle ou en fer laminé ou forgé. La fonte ni le bois ne pourront être employés sous forme de longerons.

Dans les tabliers métalliques, les formes et dimensions des pièces en fer laminé, tôle ou fer forgé, seront telles que les plus fortes charges que les tabliers peuvent avoir à supporter, ne produisent pas une fatigue supérieure à 6 *kg* par millimètre carré.

EXTRAIT D'UNE LETTRE ADRESSÉE LE 4 AVRIL COURANT A LA COMPAGNIE DU NORD FRANÇAIS, PAR M. GOFFIN, INGÉNIEUR EN CHEF DIRECTEUR DES VOIES ET TRAVAUX DES CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT BELGE.

Ponts sous railway :

En ce qui concerne *les limites de travail* des métaux, elles dépendent des coefficients de sécurité dont on fait usage dans les calculs de stabilité, et mon administration n'a pas, pour ce qui a trait aux ponts métalliques, des coefficients de sécurité réglementaires qu'il faille nécessairement adopter dans tous les cas.

Des coefficients de l'espèce peuvent varier avec les hypothèses admises dans les calculs, avec le genre de pièces dont il faut déterminer les dimensions, avec les trépidations et, par conséquent, avec les précautions spéciales prévues pour atténuer les vibrations, avec l'importance des ouvrages et l'influence que peuvent exercer sur la dépense de premier établissement des taux plus ou moins élevés adoptés pour le travail maximum des métaux, etc., etc.

Toutefois, dans les cas ordinaires, il est assez généralement d'usage de calculer les pièces essentielles des tabliers métalliques en adoptant pour limite de travail du *fer* 6 *kg* par millimètre carré à l'*extension* ou à la *compression* et 4 *kg* par millimètre carré au *glissement*. Ces taux supposent un coefficient de sécurité égal à 2.

L'administration a employé aussi parfois, quoique assez rarement, l'acier dans la construction des tabliers métalliques.

La limite de travail admise dans les calculs a été de 9 *kg* par millimètre carré à l'*extension* ou à la *compression* et 7 *kg* par millimètre carré au *glissement*.

ANGLETERRE

DOCUMENTS EXTRAITS DU « BOARD OF TRADE » DU 24 OCTOBRE 1889
(Reproduits par *l'Engineer* du 28 octobre 1889.)

Dans le ponts en fer forgé ou en acier, la plus grande charge roulante qui peut être supportée, augmentée du poids de la superstructure, ne doit pas produire, en aucun point, un effort plus grand que 5 *t* par pouce carré (1) si l'on emploie du fer forgé, et de 6,5 *t* (2) si l'on emploie de l'acier.

(1) 7,875 *kg* par millimètre carré.
(2) 10,238 *kg* par millimètre carré.

L'Ingénieur chargé de la construction d'un pont en acier devra employer de l'acier coulé ou de l'acier obtenu par des procédés de fusion et laminé ou martelé et très ductible et très flexible. Il devra fournir un tableau de tous les essais auxquels a été soumis cet acier.

Les plus lourdes machines, les tenders, les grues roulantes, employés dans les chemins de fer, serviront de mesure pour les plus grandes charges auxquelles un pont puisse être soumis. Ces règles s'appliqueront aussi bien aux poutres principales qu'aux poutres transversales.

Il est à désirer que les viaducs puissent, autant que possible, être entièrement construits en briques ou en pierre et, dans ces conditions, ils devront être munis de parapets de chaque côté ne descendant pas au-dessous de 4 pieds 6 pouces de hauteur environ du niveau des rails et pas moindre de 18 pouces d'épaisseur.

Si on ne peut pas pratiquement construire les viaducs en briques ou pierre et qu'on se serve de fer ou d'acier, il est admis comme meilleur que, dans les viaducs importants, la voie soit posée entre les poutres principales.

Si toutefois, dans de tels viaducs, les poutres principales sont placées au-dessous du niveau des rails, le parapet ne devra pas avoir moins de 4 pieds 6 pouces de hauteur. Dans les viaducs importants, les contreforts doivent être fixés en dehors et au-dessus du niveau et aussi près que possible de rails, mais pas au point de rencontrer les marchepieds ou les pièces de machines des trains.

HOLLANDE

Copie d'une lettre de M. Michaelis, directeur des chemins de fer de l'État néerlandais, a M. Contamin

La Haye, 15 avril 1891.

Il n'existe aucune circulaire ou disposition ministérielle prescrivant des coefficients de sécurité applicables dans les calculs des ponts métalliques ; mais il existe l'habitude.

Pour les ponts de dimension moyenne, jusqu'à 50 à 60 *m* d'ouverture, le coefficient appliqué pour le fer est de 6 *kg* par millimètre carré ; pour de plus grandes ouvertures on applique un coefficient un peu plus élevé, jusqu'à 7 *kg* (le coefficient de rupture par traction adopté dans nos cahiers des charges est de 36 *kg*).

Lorsque la superstructure a un poids très réduit, on adopte quelquefois 5 *kg* comme coefficient pour les pièces de pont.

Depuis une dizaine d'années nous n'avons plus fait usage de tôle ou de cornière d'acier dans nos constructions, en partie à cause des désagréments éprouvés à Arnhem et à Nimègue avec les pièces de pont, des ponts sur le Rhin et le Waal, mais principalement parce que la plus grande partie de nos grands ponts était construite.

Avant cette époque, les pièces de pont (traverses et longerons) des grands ponts étaient généralement construites en acier, de même que quelques ponts tournants à large ouverture. Le coefficient adopté alors était de 10 *kg* par millimètre carré et la charge de rupture de 60 *kg*.

DISCOURS DE M. DE COMBEROUSSE

PROFESSEUR A L'ÉCOLE CENTRALE, ANCIEN PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

AUX OBSÈQUES DE

M. PAUL LECŒUVRE

Le 21 Septembre 1891.

MESSIEURS,

C'est au nom du Conseil de l'École Centrale des Arts et Manufactures que je viens rendre un dernier hommage à M. Paul Lecœuvre.

Cet Ingénieur si distingué a appartenu, depuis 1852 jusqu'en 1885, c'est-à-dire peudant trente-trois ans, au corps enseignant de cette grande École, et il a été membre de son Conseil pendant dix-sept ans.

En l'absence de M. Cauvet, directeur de l'École, c'est à M. Boutillier, président du Conseil, que revenait l'honneur d'adresser les dernières paroles à notre ancien collègue. Il a bien voulu me déléguer ce devoir; mais, en même temps, il a tenu, et je l'en remercie cordialement, à m'appuyer de sa présence et à témoigner hautement par là même des regrets de l'École Centrale et de l'estime qu'elle portait à M. Lecœuvre.

M. le général Sebert a retracé devant vous, avec sa haute autorité, les travaux de M. Lecœuvre dans l'industrie et au sein du Conseil d'administration de la Société d'Encouragement. Il me reste à résumer les services qu'il a rendus à l'École Centrale et à la Société des Ingénieurs civils.

Né à Dunkerque le 23 avril 1815, pendant les Cent Jours, élevé à Lille, il termina ses études à Paris, au collège Rollin, et entra à l'École Centrale à l'âge de vingt ans. Il fit ainsi partie de la promotion de 1838 et eut, entre autres, pour condisciples

Adolphe Dailly, Victor Forquenot et M. Ferdinand Mathieu. M. le général Sebert vous a dit ses premiers pas dans l'industrie. Plus tard, son mariage et celui de sa sœur le firent doublement le beau-frère de son cousin, Henri Tresca; et il devint son associé dans la direction d'une usine destinée à la fabrication de l'acide stéarique et à la distillation des huiles minérales.

Le rôle si important joué par Tresca dans toutes les Expositions pendant près de quarante ans devait nécessairement entraîner son beau-frère à y participer également. Tresca connaissait toute la valeur de ce travailleur, toute l'étendue de ses connaissances pratiques : il savait qu'il ne pouvait souhaiter un collaborateur mieux préparé et plus fidèle.

Lors de notre première Exposition universelle, en 1855, M. Lecœuvre fut donc nommé Inspecteur-Ingénieur de la Galerie des Machines. En cette qualité, il apporta un utile concours à M. Émile Trélat, commissaire-adjoint, qui avait été chargé à la fois de la construction de l'annexe du bord de l'eau et de l'installation délicate des machines en mouvement.

M. le général Sebert vient de vous rappeler le labeur incessant de M. Lecœuvre dans toutes les Expositions qui suivirent : en 1867, dans la classe des machines-outils; en 1878, comme Ingénieur en chef du service mécanique ; en 1881, dans le Jury d'admission de l'éclatante Exposition d'électricité ; en 1889, comme membre du Comité technique des machines.

Si j'insiste sur ce point, c'est surtout pour montrer combien les circonstances avaient heureusement préparé M. Lecœuvre à l'enseignement qu'il devait développer pendant de longues années à l'École Centrale.

En effet, le cours de construction des machines, cours tout à fait spécial à cette École, et que M. Lecœuvre partagea d'abord avec Charles Callon, l'éminent Ingénieur, puis avec son successeur, M. Vigreux, n'est pas sans offrir quelques difficultés. Les machines-outils sont devenues un monde ; les machines de transport et de construction, les machines agricoles s'accroissent tous les jours ; il en est de même des machines motrices dont la théorie va se perfectionnant, tandis qu'on approfondit d'autre part les procédés de régulation à y appliquer. M. Lecœuvre possédait bien ce vaste ensemble, avec lequel ses fonctions comme Ingénieur-Conseil, comme Arbitre-expert ou comme Ingénieur aux Expositions, ne cessaient de le familiariser de plus en plus.

On sait que les cours de l'École Centrale durent trois ans.

D'abord répétiteur en deuxième et en troisième année, M. Lecœuvre fut nommé successivement professeur du cours d'éléments de machines en première année, professeur-adjoint du cours de construction des machines en deuxième année et, enfin, titulaire de la même chaire, qu'il occupa en cette qualité pendant dix-sept ans.

Il est regrettable que M. Lecœuvre n'ait pas publié ses leçons ; mais on retrouve dans les cahiers de ses anciens élèves le reflet de son enseignement méthodique, précis et complet. Nous avons entendu quelques-uns d'entre eux s'accuser de n'avoir pas senti d'abord tout le mérite de leur professeur. Sa profonde modestie n'imposait pas du premier coup la foi à ces jeunes gens. Mais, quand ils relisaient leurs notes prises à l'amphithéâtre ou lorsque, plus tard, ils y cherchaient après leur sortie de l'École un précepte ou un conseil, ils étaient certains, me disaient-ils, de le trouver à sa place et en pleine lumière. M. Lecœuvre a donc reçu la récompense de son enseignement si consciencieux : il savait qu'il était utile, et cela lui suffisait.

M. Lecœuvre fut, en 1848, l'un des fondateurs de la Société des Ingénieurs civils, comme il fut, en 1862, l'un des fondateurs de l'Association amicale des Anciens Élèves de l'École Centrale.

La Société des Ingénieurs civils, qui a pris une si grande extension et une si réelle importance, apprendra avec regret, de la bouche de mon camarade et ami, M. P. Jousselin, l'un de ses vice-présidents, qui a bien voulu la représenter à ces obsèques, la mort d'un de ceux qui ont entouré son berceau dès la première heure, et qui ont honoré la profession à laquelle la naissance de la Société a donné une nouvelle consécration. Elle n'oubliera pas non plus le concours dévoué qu'elle trouva chez M. Lecœuvre dans une circonstance grave.

M. le général Sebert vient de louer chaudement la part que la Société des Ingénieurs civils voulut prendre à la défense de Paris, lors de nos cruels désastres. Le noble Ministre des Travaux publics, M. Dorian, s'associa énergiquement à cette pensée ; et, à la date du 13 septembre 1870, une Commission dite du Génie civil fut instituée par lui pour centraliser tous les efforts et les mettre à la disposition du gouvernement.

Cette Commission, composée de MM. Tresca, Laurens, Vuillemin, Martin et Martelet, groupait heureusement des représentants autorisés de nos Écoles scientifiques et industrielles : école Polytechnique, école Centrale, écoles d'Arts et Métiers. Après son instal-

lation au Conservatoire des Arts et Métiers et sur la proposition de son président, M. Tresca, elle s'adjoignit comme secrétaire M. Lecœuvre dont le zèle, je n'ai pas besoin de le dire, fut à la hauteur de sa mission.

Telle s'est écoulée, dans le travail et l'étude, la vie de celui que nous regrettons, et qui vient de s'éteindre en n'ayant jamais connu que le devoir. Sa douceur, qui n'excluait pas la fidélité à ses idées, sa loyauté et sa courtoisie lui ont assuré l'affection et l'estime de tous ceux qui ont eu avec lui des rapports suivis. Je ne l'ai jamais entendu se plaindre de rien ni de personne. Siégeant à côté de lui pendant dix ans, aux concours de sortie de l'École Centrale, je l'ai toujours vu chercher la justice et la vérité, avec le coefficient de bienveillance qu'il appliquait à toute chose. Homme d'intérieur avant tout, il méritait les joies de la famille, et il a dû sentir vivement celles qui lui ont été accordées.

En nous inclinant respectueusement devant sa veuve si courageuse, en saluant ses enfants auxquels il laisse l'héritage de son nom et de ses exemples, en prenant part à la douleur de tous les siens, nous disons à notre cher collègue un adieu plein d'émotion, mais aussi plein de sérénité ; car ce fut un homme de bien.

CHRONIQUE

N° 141

Sommaire. — Le percement du Simplon. — Nouvel alliage d'aluminium. — Alimentation d'eau d'une chaudière dont les surfaces de chauffe sont découvertes. — École de Chemins de fer à Bienne. — Effet d'un canon de 110 *t*.

Le percement du Simplon. — La Direction du Jura-Simplon vient de publier le rapport sur les études faites en 1890-1891, relativement au percement du Simplon, études faites, comme on sait, sous la direction de notre très regretté collègue J. Meyer (1).

Un premier chapitre de cet important travail, dû à M. le colonel Dumur, est consacré à la définition du projet (direction du tunnel, tracés divers, débouchés, profils en long et en travers, éléments du tunnel). Un second traite des lignes d'accès du côté nord; un autre, du mode d'exécution; un quatrième, des installations; un cinquième, des devis. Le rapport se termine par le plan financier.

Le tunnel serait long de 19 731 *m;* on sait que celui du Gothard a 14 900 *m*.

L'entrée nord serait placée à environ 2 300 *m* en amont de la station actuelle de Brigue, au lieu dit « Im Raffi », vis-à-vis du promontoire de Massæggen; la tête sud serait à 600 *m* en aval d'Isella, immédiatement au-dessous de la petite galerie de la route. Le côté nord aurait une longueur de 9 900 *m*, avec une pente de 1 1/2 0/00, soit le minimum nécessaire pour assurer un écoulement facile des eaux; le côté sud aurait 9 831 *m*, avec 6 1/2 0/00 de pente. La nouvelle gare de Brigue serait située immédiatement en amont de l'emplacement actuel et de la route de la Furka.

Le mode d'exécution pour la construction du tunnel serait celui qui a été employé pour l'Arlberg : 1° galerie d'avancement et de direction de 2,80 *m* de largeur, 2,50 *m* de hauteur, soit 7 m^2 de section; pour la devestiture, des chantiers avec voie de service de 1 *m* d'écartement, posée une fois pour toutes, avec les évitements nécessaires; 2° galerie de faite de 2,20 *m* de largeur, 2,30 *m* de hauteur, soit 5 m^2 de section, percée à la partie supérieure pour servir d'amorce générale aux travaux d'excavation qui se feront ainsi de haut en bas; excavation en grand partout où faire se pourra, etc.

Les *installations* se trouveront sur la rive droite du Rhône, en face de l'embouchure de la galerie de direction. Elles sont devisées à 4 070 000 *f*. Les forces motrices nécessaires sont évaluées à 1 750 chevaux, dont 520 pour la perforation, 780 pour la ventilation, 260 pour l'éclairage élec-

(1) Cette longue étude fut l'œuvre capitale de la carrière de J. Meyer et sa constante préoccupation pendant les dix dernières années de sa vie, et, s'il n'a pas pu en voir la réalisation, nul ne contestera la part importante qu'il a prise à la préparer. Notice nécrologique sur J. Meyer, ingénieur en chef de la Compagnie Jura-Simplon, par A. Perey énieur. (Bulletin de la Société Vaudoise des Ingénieurs et des Architectes, n° [illegible] 189

trique, etc. Cette force sera fournie par les eaux de la Massa, captées à Gebidem, à la cote de 1 320 *m* et amenées par une conduite de 2 700 *m*. On évalue cette force motrice brute à 2 954 chevaux, devant être ramenée à une force utile de 1 750 chevaux.

Le coût total des installations sud serait de 3 800 000 *f*. La force motrice fournie par la Cairasca, captée en amont de Gebbo, à la cote 1 127 *m*, serait de 4 245 chevaux, correspondant à une force utile de 2 760.

En ce qui concerne les devis, le coût de la rampe d'accès nord, de Brigue à la tête du tunnel, est estimée à 1 876 000 *f;* la correction du Rhône, déduction faite d'une subvention fédérale de 40 0/0, à 213 000 *f;* tunnel, 67 270 000 *f;* tranchée d'accès à Isella, 23 000 *f;* frais généraux estimés à 3 0/0, 2 218 000 *f*. Total, 71 600 000 *f*, plus les intérêts intercalaires (déduction faite de 30 millions de subventions), 8 400 000 *f*. C'est donc un total de 80 millions de francs.

Du côté sud du tunnel, l'emplacement des installations s'étend sur 700 *m* entre la route du Simplon et la Diveria, en aval de la tête du tunnel. Il serait question d'établir une voie ferrée sur la route, entre Domo d'Ossola et Isella. La perforation mécanique du tunnel se ferait au moyen de perforatrices à rotation d'après le système Brandt. On a prévu le percement de deux galeries parallèles, dont l'une servirait de conduite d'air pour la ventilation des chantiers.

Sous le rapport de la durée des travaux, le rapport prévoit 102 mois, soit 8 1/2 ans, pour les 19 740 *m*, savoir : 6 mois pour la période d'avancement à la main et d'installation (sur une longueur de 250 *m*); 36 mois, soit 3 ans, pour la période de perforation mécanique jusqu'au cinquième kilomètre de chaque côté (avancement de 125 *m* par mois et par attaque, soit 9 060 *m*); 35 mois pour la période à la machine pour la partie centrale (avancement de 150 *m* par mois et par attaque, 10 500 *m*); 18 mois pour les retards provenant de la suspension des battages au large et revêtements dans la partie centrale jusqu'après percement des galeries, et 7 mois pour la période d'achèvement.

Tel est le résumé du remarquable rapport technique de M. l'Ingénieur J. Dumur.

Au rapport sont jointes un certain nombre de pièces annexes.

D'abord, des extraits d'un rapport géologique présenté par M. le professeur Hans Schardt, sur la série et l'épaisseur des terrains suivant l'axe du tunnel.

Dès l'entrée du tunnel à « Im Raffi » jusqu'au kilomètre 1,400, on cheminera dans les schistes lustrés, argileux, gris foncé et noirs, avec probablement beaucoup d'infiltrations d'eau de faible volume. Du kilomètre 1,400 au kilomètre 1,750, on rencontrera très probablement dans le gris foncé argileux des intercalations de gypse accompagné de dolomie. Ce sera un endroit dangereux, mais tout à fait inévitable, avec de fortes venues d'eau et éboulements locaux. Du kilomètre 1,750, on pénétrera dans les schistes lustrés, silicieux, calcaires et micacés sur une longueur de 1 950 *m*, puis dans une couche de schiste amphibolique et d'amphibole verte; ensuite une zone de dolomite et de schiste, au kilo-

mètre 4 dans les schistes cristallins et micaschistes divers, dont la perforation sera difficile.

Viendra au kilomètre 4,500 une bande de calcaire; infiltrations nulles, perforation facile; de nouveau des schistes cristallins, des amphiboles, des gneiss, etc.; la sortie sud se fera dans le gneiss d'Antigorio.

Une autre annexe contient le devis estimatif des installations mécaniques, beaucoup de détails d'un grand intérêt, mais que le manque de place nous force à laisser de côté.

L'ouverture nord du tunnel sera à 687 *m* d'altitude; l'ouverture sud, à 644 *m;* le point culminant (au kilomètre 9,406), à 701 *m*. La pente du côté nord sera de 14 *m*, soit 1,5 0/00 sur une longueur de 9 405 *m;* la déclivité du côté sud sera de 67 *m* pour une longueur de 10 326 *m*, soit 6,9 0/00. Il sera percé dans le tunnel 208 niches, 29 petites chambres et 5 grandes chambres (coût, 67 397 *f*).

Une des particularités intéressantes du tunnel est qu'il sera double dans sa moitié sud, c'est-à-dire qu'à partir du kilomètre 9,5 jusqu'au kilomètre 19,731, soit jusqu'à sa sortie à Isella, il y aura deux tunnels parallèles conjugués, à simple voie.

Cette disposition permettra de ventiler le tunnel de la manière la plus économique. Un ventilateur aspirant serait installé à l'embouchure de la partie ascendante de la galerie conjuguée où la rampe est de 6 0/00, et, par conséquent, où la production de la fumée et des gaz est la plus abondante.

L'ouverture de cette branche du tunnel serait constamment fermée, sauf pour le passage du train montant d'Isella à Brigue, tandis que l'embouchure de l'autre branche du tunnel conjugué, au milieu du souterrain, ainsi que l'ouverture du tunnel à double voie à Brigue, resteraient au contraire ouvertes d'une manière permanente.

Deux galeries de base, une pour chacun des tunnels conjugués, seront perforées simultanément et mécaniquement comme galeries d'avancement et reliées de 200 en 200 *m* par une communication transversale perpendiculaire à la direction générale du tunnel. Un seul des deux souterrains sera immédiatement poursuivi et achevé. Les travaux d'achèvement du second seront différés jusqu'à ce que le premier soit terminé.

La galerie de base du second tunnel servira déjà pendant les travaux, comme plus tard dans l'exploitation, de conduite d'aération. Le raccordement des deux tunnels se fera entre les kilomètres 9,5 et 9,625 (coût, 50 000 *f*).

Immédiatement après l'ouverture à l'exploitation, on achèvera le second tunnel. Ainsi, le tunnel sera à double voie du côté nord sur une longueur de 9 500 *m*, et il sera à double galerie, chacune à une voie, au sud, sur une longueur de 10 231 *m*.

Fait qui n'est pas sans intérêt : on a prévu jusqu'aux détails des logements d'ouvriers. Pour les ouvriers non mariés, il y aura des maisons d'habitation contenant chacune 24 chambres de 22 m^2, à 150 *f* par an et par chambre pour trois ouvriers.

Pour les ouvriers mariés, les logements auront deux chambres ; chaque

maison abritera donc douze familles, payant chacune 300 *f* de loyer (lits en fer, poêles et potagers compris).

Cette analyse que nous empruntons aux journaux suisses sera complétée par l'examen du plan financier, la partie capitale et la grande difficulté de la question.

Fatigue des métaux. — Une opinion encore assez accréditée est que, même sans que les efforts dépassent la limite d'élasticité, les métaux s'altèrent à la longue sous les charges qu'ils sont appelés à supporter, surtout lorsque ces charges varient périodiquement dans des limites importantes.

Cette opinion n'est pourtant pas confirmée par les faits.

L'*Iron* cite à ce sujet une expérience curieuse faite pour élucider la question. Cette expérience a été faite sur deux barres de suspension appartenant à un pont en chaînes; l'une de ces barres appartenait au pont construit depuis quarante ans, l'autre était une barre de rechange restée en magasin depuis la même époque. Ces pièces étaient identiques de matière et de dimensions, de sorte que l'expérience est absolument probante. Ces barres en fer avaient 0,305 sur 0,025 de section et 3,66 *m* de longueur. Voici les résultats constatés :

	Barre du pont.	Barre de rechange.
Résistance à la rupture	34,57 *kg*	34,89 *kg*
Limite d'élasticité.	17,60 —	18,87 —
Allongement.	14,05 0/0	18,42 —
Contraction à la section de rupture.	17,35 0/0	18,75 —

Les différences entre les résultats donnés par les deux barres ne dépassent pas celles qu'on trouve ordinairement dans les expériences de résistance, de sorte qu'on peut conclure que la qualité du métal n'a nullement été altérée par un travail de quarante ans dans les conditions certainement peu favorables d'un pont suspendu où les vibrations jouent un rôle considérable. Il est à regretter que le journal auquel nous empruntons ces renseignements n'indique pas où et quand a été faite cette expérience.

Nous croyons toutefois qu'il s'agit du pont de Kiew et de faits rapportés par M. Belebubsky au Congrès des procédés de construction à l'Exposition de 1889. (Voir séance du 3 juillet 1891, page 20.)

Nouvel alliage d'aluminium. — Le rôle de l'aluminium en alliage avec le fer et surtout avec le cuivre est bien connu, mais ses alliages avec les autres métaux le sont beaucoup moins. Il en est cependant de très intéressants.

La Pittsburgh Reduction Company, de Pittsburgh, fabrique un nouvel alliage, découvert par le professeur J.-W. Langley, et qui paraît susceptible d'applications industrielles très importantes. L'aluminium y est allié avec une proportion de titane, variable suivant les emplois, mais qui ne doit pas dépasser 10 0/0 sous peine de rendre le métal trop cassant pour les usages industriels. La densité est très peu supérieure à celle de l'aluminium et le prix ne dépasse que 2 à 4 *f* par kilogramme

le prix de ce métal. L'alliage en question possède une dureté particulière qu'il n'acquiert pas seulement par la fusion, mais surtout par le laminage et le forgeage ; on peut notamment en faire des outils dont le tranchant ne le cède pas à celui des aciers les plus renommés destinés à cet usage. Le point de fusion varie, suivant la proportion de titane, de celui de l'aluminium à une température un peu inférieure à celle de la fusion de l'acier. La présence du fer et du silicium est très nuisible; celle du chrome, au contraire, est avantageuse, elle augmente l'élasticité.

La préparation de cet alliage peut se faire directement par l'action de l'aluminium métallique sur l'oxyde de titane. Mais on peut aussi agir par voie indirecte de la manière suivante :

On prépare un bain de fluorure d'aluminium et de sodium dans un creuset de graphite; il ne faut pas employer de creusets contenant de la silice parce qu'on introduirait du silicium dans l'alliage. On ajoute de l'oxyde ou un autre sel de titane ; le mélange bien brassé et bien fluide, on ajoute l'aluminium métallique. Le poids d'oxyde doit être le double de la proportion de titane qu'on veut avoir dans l'alliage.

La température du bain s'élève rapidement pendant l'introduction de l'aluminium ; une fois la réaction opérée, on coule le métal dans un récipient convenable et on conserve le laitier pour être traité ultérieurement. On peut employer pour le bain un fluorure quelconque, à condition qu'il appartienne à un métal plus électro-positif que l'aluminium. Il ne faut pas employer la cryolithe parce qu'elle contient du fer dont la présence est nuisible dans l'alliage comme on l'a déjà indiqué.

Alimentation d'une chaudière dont les surfaces de chauffe sont découvertes. — On a considéré longtemps comme la principale cause de l'explosion des chaudières, l'introduction d'eau avec les surfaces de chauffe découvertes et portées au rouge. Ce n'est que depuis quelques années que des doutes ont été émis sur la quantité de vapeur que pouvaient émettre instantanément ces surfaces et sur les effets mécaniques qui pouvaient en résulter.

L'Association des propriétaires d'appareils à vapeur de Manchester avait, il y a longtemps déjà, dès 1867, fait faire par son ingénieur, M. Lavington E. Fletcher, quelques expériences pour apprécier la valeur réelle de ce fait. On avait opéré sur une petite chaudière pour chauffage domestique et on n'avait pu provoquer aucune explosion. Toutefois, comme l'essai avait été fait sur une très petite échelle et en présence de l'opinion alors presque unanime en faveur de cette cause d'explosion, on jugea convenable d'attendre des expériences plus concluantes pour décider la question.

Ces expériences ont été faites en 1889 sous la direction de M. Lavington E. Fletcher et dans des conditions qui paraissent ne laisser subsister aucun doute.

On s'est servi d'une chaudière du type ordinaire Lancashire avec deux carneaux intérieurs formant foyers ; ces carneaux avaient des joints à recouvrement sans consolidation aucune dans le sens circulaire ; on pensa avec raison que l'expérience serait ainsi plus probante qu'avec une

chaudière plus perfectionnée comme on les fait aujourd'hui, c'est-à-dire à foyers soudés et ondulés ou armés par des cercles extérieurs.

La chaudière avait 2,135 *m* de diamètre sur 8,45 *m* de longueur, les carneaux-foyers 0,915 *m* de diamètre ; l'épaisseur des tôles de fer était de 11,2 *mm* pour l'enveloppe et les carneaux et de 9,6 *mm* pour les fonds plats, lesquels étaient raidis et rattachés au corps cylindrique à la manière ordinaire par des goussets en tôle.

Les grilles avaient chacune 0,915 *m* de largeur sur 1,83 *m* de longueur. La chaudière était posée sur deux murs longitudinaux en briques, de sorte que les gaz sortant des carneaux intérieurs revenaient à l'avant sous le corps cylindrique pour retourner à l'arrière de chaque côté de la chaudière et arriver à la cheminée ; celle-ci avait 22 *m* environ de hauteur avec une section minima de 1,30 m^2. On pouvait apprécier la valeur du tirage au moyen d'un tube en U aboutissant à la cheminée à 1,40 *m* au-dessus du sol.

La chaudière portait deux robinets d'alimentation placés du côté des foyers, un de chaque côté, les tuyaux qui les prolongeaient arrivant à 0,15 *m* au-dessus des ciels des carneaux, au-dessus de la partie formant foyer. Il y avait les appareils de sûreté ordinaire. Le manomètre marquait jusqu'à 10,5 *kg* par centimètre carré.

On avait eu la précaution de disposer sur la chaudière des tiges placées à 1,22, 2,02 et 3,60 *m* du fond avant et traversant l'enveloppe par des presse-étoupes pour descendre jusqu'à la génératrice supérieure des carneaux. On pouvait apprécier ainsi le mouvement ou la déformation de ceux-ci. Les observateurs étaient placés dans une cabine en bois bien abritée, placée à 10 *m* de la chaudière et d'où on pouvait faire manœuvrer les robinets d'alimentation, de vidange, etc. L'alimentation s'opérait par une pompe capable de débiter trois ou quatre fois le poids d'eau correspondant à la vaporisation normale.

On fit d'abord quelques observations préliminaires. A l'allumage des feux la température de l'eau était de 29° centigrades à la surface et de 25 au fond. Après 45 minutes la pression atteignait 1/2 *kg* environ et la température n'était encore au bas de la chaudière que de 32° ; 20 minutes après la pression était montée à 3 1/2 *kg* et la température de l'eau au bas de la chaudière à 40° ; le tirage était à la base de la cheminée de 11,2 *mm* d'eau et la température de la fumée au même endroit de 210° centigrades. Les tiges repères indiquaient à 3,60 *m* de l'avant un soulèvement de 12 *mm* environ des carneaux.

Expérience A. — L'eau étant à 20 *cm* environ au-dessus du ciel des foyers, on ouvrit les robinets de vidange et on laissa le niveau baisser jusqu'à découvrir les carneaux, on poussa le feu et on continua à laisser sortir l'eau jusqu'à ce que le niveau fût descendu à 0,40 *m* au-dessous de la génératrice supérieure des carneaux, ce qui dura 20 minutes. On attendit encore 5 minutes et on ouvrit l'alimentation à raison de 150 litres par minute avec de l'eau à 17° centigrades, La pression qui était de 1/2 *kg* environ monta à 1 *kg* en 1 1/4 minute et en un laps de temps égal tomba à peu près à la pression atmosphérique.

Expérience A *bis*. — On répéta immédiatement la première expé-

rience avec cette circonstance qu'on ferma les deux soupapes de sûreté au moment où on alimentait. La pression qui était encore de 1/2 *kg* monta à 1,9 *kg*, après quoi elle redescendit en 13 1/2 minutes à 1/2 *kg* pendant qu'on alimentait, et au bout de 20 minutes elle était tombée à 0,25 *kg* au moment où le niveau remontait à la hauteur des ciels des foyers.

La chaudière avait été tellement chauffée que les parties supérieures des foyers présentaient une poche de 0,50 *m* sur 0,20 *m* pour l'un, et de 0,25 *m* sur 0,15 *m* pour l'autre.

Le mouvement vertical était plus accentué ; un des carneaux s'était soulevé de 35 *mm* à la distance de 3,60 *m* du fond avant. Les tôles des carneaux étaient déformées à la partie supérieure de chaque joint circulaire au-dessus des grilles; le troisième joint situé à 2,30 *m* du front de la chaudière avait son diamètre horizontal porté à 0 950 *m*, tandis que le diamètre vertical était réduit à 0 850 *m;* c'était là tout le mal qui était résulté pour la chaudière du traitement que nous venons d'indiquer.

(A suivre.)

École de chemins de fer de Bienne. — Une école technique désignée sous le nom de « Technicum de la Suisse romande » a été ouverte l'année dernière à Bienne. Elle comporte cinq sections : 1° une section d'horlogerie; 2° une de mécanique; 3° une d'électrotechnie; 4° une d'architecture; 5° une des arts industriels. L'école d'horlogerie avait été fondée en 1871 et possédait depuis 1888 une section de mécanique.

Il a été adjoint cette année au Technicum de Bienne une section de chemins de fer fondée sous le patronage de la Compagnie du Jura-Simplon et du Département fédéral des chemins de fer. Nous devons les renseignements suivants et le programme de cette section à l'obligeance de M. N. Meyer, président de la ville (maire) de Bienne et de la commission de surveillance du Technicum.

L'école a pour objet de former des employés de chemins de fer de deux catégories :

Groupe I. — Employés d'exploitation, conducteurs, employés pour le service des gares, chauffeurs, chefs ouvriers, etc.

Groupe II. — Aspirants aux emplois du service central (service commercial, contrôle de l'exploitation, etc.), du service des gares (caissiers, chefs d'expédition pour les marchandises, sous-chefs, chefs de gare), conducteurs principaux, mécaniciens, etc.

La limite inférieure d'âge pour l'admission est de seize ans, exceptionnellement quinze ans ; la limite supérieure, vingt-deux ans. Le candidat doit avoir obtenu le certificat d'étude d'une école municipale primaire ou analogue, ou avoir passé au moins deux ans dans une école secondaire ou réale.

Les candidats qui se destinent à être mécaniciens doivent avoir passé par un atelier comme apprentis ajusteurs ou chaudronniers ou avoir fait quelque temps de service comme chauffeurs.

Les élèves qui veulent devenir chauffeurs doivent avoir passé au

moins six mois dans une fabrique de locomotives, un atelier ou un dépôt de chemins de fer.

La durée de l'enseignement est de deux semestres pour le groupe I et de quatre semestres pour le groupe II.

Nous n'avons pas l'intention de donner ici le programme détaillé, nous indiquerons seulement les matières principales.

L'enseignement commun aux deux divisions comporte le français et l'allemand, les éléments de mathématiques et de physique, la géographie de la Suisse, les notions sur l'organisation des Compagnies de chemins de fer, du service des postes et télégraphes, l'organisation politique et administrative de la Confédération et des Cantons. Ensuite, au point de vue spécial des chemins de fer, la nature des matériaux employés, l'organisation de l'exploitation des chemins de fer, le service des machines et du matériel, la traction et l'exploitation, le service de la voie et de l'entretien, etc.

L'enseignement spécial de la division II comporte des notions moins sommaires sur les mêmes matières, par exemple, des connaissances plus avancées dans les mathématiques et la physique, les éléments de la mécanique, ceux de l'électricité et du magnétisme, l'étude plus complète de la géographie avec celle des pays voisins, la géométrie des projections, stéréotomie, dessin linéaire, nivellement, les principes des langues anglaise et italienne, etc.

L'école a été ouverte le 1er août de cette année avec 42 élèves se destinant aux diverses branches du service des chemins de fer. L'annexion de cette école au Technicum existant déjà à Bienne était d'autant plus convenable que cette ville contient une gare assez considérable et des ateliers de réparation de matériel, machines et wagons d'une certaine importance, ateliers de la Compagnie du Jura-Berne-Lucerne, aujourd'hui ateliers du Jura-Simplon avec ceux d'Yverdon qui étaient les ateliers de la Compagnie de la Suisse occidentale et du Simplon avant la fusion.

Effet d'un canon de 110 tonnes. — Le canon de 110 *t* exposé à la *Naval Exposition*, à Londres, par sir W. G. Arsmstrong, Mitchell et C°, a une charge complète de 434 *kg* de poudre brune prismatique dont la valeur est de 2000 *f*, le projectile d'acier pèse 815 *kg*, et coûte 2125 *f*. Cela fait un prix total de 4 400 *f*, en y comprenant les accessoires (fusées, etc.), pour chaque coup à pleine charge, avec projectile à perforer les cuirasses. On considère que la durée d'une pièce de ce genre correspond à 75 coups à pleine charge, 125 coups à trois quarts de charge et 250 à demi-charge. On conçoit qu'il est nécessaire de ménager ces coûteux engins en temps de paix pour qu'ils puissent encore être utilisés en temps de guerre.

La vitesse initiale avec la charge de poudre et le projectile ci-dessus indiqués est de 642 *m* par seconde et l'énergie totale de 7632 tonnes-mètres. L'usine d'Elswick a figuré à côté du canon par un dessin en grandeur naturelle les effets obtenus le 14 du mois dernier sur une cible par un projectile tiré par une pièce de 110 *t* du *Sanspareil*.

La cible était composée comme suit : une plaque compound de

0,306 *m* d'épaisseur, derrière une contre-plaque en fer de 0,202 *m* fixée à une forte charpente en fer, ensuite une épaisseur de 6,10 *m* formée de poutres de chêne, puis, 1,52 *m* de granit, 3,35 *m* de béton, et pour terminer 1,52 *m* de maçonnerie de briques. Le projectile, frappant au centre de la plaque de cuirasse avec une vitesse initiale de 634 *m* à la seconde, a traversé le métal, le bois, le granit et le béton et s'est seulement arrêté dans la maçonnerie de briques à une distance de 12,5 *m* de la face extérieure de la plaque de cuirasse, en refoulant à l'extérieur, sous forme de coin, une notable partie de cette maçonnerie.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

JUILLET 1891

Séance générale du 22 mai 1891. — Discours de M. TROOST, vice-président. — Distribution des récompenses.

AOUT 1891

Rapport de M. HEUZÉ sur un **Ouvrage de M. H. Marchand.**

M. Marchand, chef de bureau au Ministère de l'Agriculture, a publié, sous le titre : *Tu seras agriculteur*, un ouvrage esquissant la vie laborieuse d'une honnête famille agricole qui, après un travail incessant, mais réfléchi, intelligent et progressif, est parvenue à une honorable aisance. Ce livre, d'une parfaite moralité, a valu à son auteur un prix de l'Académie française.

Rapport de M. BUNEL sur les **Objets en liège aggloméré**, de M. GIRARD DE VASSON.

La base de ces produits est le liège concassé et pulvérisé à divers degrés de finesse selon les applications.

Les poudres les plus fines servent dans la pharmacie ; les poudres un peu plus grosses servent, amalgamées au plâtre, à former des enduits.

On fait avec les déchets concassés des carreaux et des briques, mauvais conducteurs de la chaleur et du son, ininflammables et à peu près incombustibles. Enfin le liège concassé peut aussi être employé dans la confection des bétons en l'agglomérant avec du mortier de chaux ou du ciment.

Rapport de M. ED. SIMON sur le **volant cardeur pour coton** et la **Grille perfectionnée à barreaux réglables** de M. AUG. KIRSCHNER.

Un desideratum dans le battage des cotons est la substitution d'aiguilles plus ou moins fines et nombreuses aux chocs violents des organes frappeurs. M. Kirschner continue à employer le volant à battre, mais il arme les règles du volant de dents ou aiguilles. La multiplicité de ces aiguilles et leur action progressive durant les divers battages ménagent mieux les fibres que l'action seule du choc.

La diminution du déchet qui a été constatée peut d'ailleurs être partiellement attribuée au perfectionnement apporté par l'auteur par sa grille à barreaux réglables qui pare à quelques inconvénients des grilles ordinaires.

Statistique industrielle en Italie, par le commandeur Bodio.

Cette statistique comprend : la production de lignites (367 000 *t* en 1888 et l'importation de la houille (3873 000 *t* pour la même année). Cette dernière importation n'était que de 790 000 *t* en 1871,

Les machines à vapeur fixes et locomobiles consomment 1 300 000 *t*, soit 26 0/0, les chemins de fer et tramways 750 000 soit 15,25 0/0.

La navigation à vapeur a consommé 524 000 *t* tant pris en Italie qu'à l'étranger pendant les voyages, sur ce chiffre la Compagnie de navigation générale italienne figure pour 370 000 *t*.

Les moteurs à vapeur ont une force collective évaluée à 167 000 chevaux pour les machines fixes, 400 000 pour les locomotives et 190 000 pour la marine marchande ; la marine militaire représente environ 313 000 chevaux. La force motrice hydraulique peut être estimée à 600 000 chevaux.

Le produit des mines, qui était en 1871 de 42 millions de francs, s'est élevé en 1882 à 73 millions pour redescendre en 1889 à 53. Ce dernier correspond à 1 000 *f* par mineur occupé, alors qu'il est pour la même année de 1 569 *f* en Belgique, de 2 208 en France et de 3 200 dans la Grande-Bretagne et l'Irlande pour l'industrie minière tout entière.

Quant à l'industrie métallurgique, la production de la fonte est en diminution, mais celle du fer et de l'acier en progrès. En 1881, il a été produit 91 000 *t* de fer et 3 600 d'acier avec 5 732 ouvriers et en 1889 180 000 de fer et 158 000 d'acier avec 14 518 ouvriers.

La production des ateliers mécaniques n'était que de 12 millions en 1860, elle a atteint 40 millions en 1880, plus 36 millions produits par les établissements dépendant de la guerre et de la marine. Si l'on observe que, depuis 1880, de nouveaux ateliers se sont créés et que les anciens se sont développés et ont augmenté d'importance, on peut dire qu'actuellement la production des ateliers mécaniques, tant privés qu'appartenant à l'Etat, représente une valeur d'environ 100 millions. L'importation annuelle de machines étrangères est encore aujourd'hui de 40 à 50 millions.

La meunerie est en grand progrès en Italie, il existe environ 3 000 moulins à cylindre pour le froment. Les moulins réduisent en farine 68 millions de quintaux de céréales par an ; ils emploient 900 000 ouvriers et sont mus par une force collective de 150 000 chevaux.

En 1888 le poids de la soie grège produite a été de 3 560 000 *kg* et dans cette industrie l'exportation a dépassé la même année l'importation de 240 millions de francs. Le nombre d'ouvriers employés aux différents travaux concernant la soie est de 150 000 dont les neuf dixièmes sont des femmes ou des enfants.

L'industrie du coton s'est beaucoup développée, elle représente 1 800 000 broches et occupe 70 000 ouvriers. Pour la laine, le nombre des broches ne dépasse pas 300 000 et celui des ouvriers 30 000.

L'industrie du papier occupe environ 20 000 ouvriers et 10 000 sont occupés au tannage des peaux.

Construction des chaudières à vent forcé, par M. A.-F. Yarrow.

Nous avons donné un résumé détaillé de ce travail dans les chroniques de mai, juin et juillet 1891.

L'**Industrie de la ramie,** par C.-R. Dodge.

Ces renseignements sont extraits d'un rapport adressé, en 1890, par M. Dodge au département de l'agriculture de Washington.

Le développement de l'industrie de la ramie était entravé par la difficulté de préparer économiquement les fibres. Malgré les recherches faites pour arriver à isoler ces fibres de la matière gommeuse qui les entoure et bien que, depuis trente ans, on ait imaginé plus d'une centaine de machines et de procédés, on n'avait trouvé jusqu'à ces dernières années rien de pratique pour la décortication. La note donne des renseignements sur les principaux progrès accomplis. Sa conclusion est qu'il est urgent de pousser l'étude de la question de la décortication mécanique. La culture de la ramie est appelée à un grand avenir, dès que ce problème sera entièrement résolu et cette perspective doit suffire pour encourager les cultivateurs et les industriels à faire les plus grands efforts pour surmonter les derniers obstacles.

Accumulateur d'Oerlikon. — Dans cet accumulateur, la matière active est toujours l'oxyde de plomb, les lames sont verticales et le courant est conduit dans les lames positives par les angles supérieurs et dans les lames négatives par les angles inférieurs, ce qui permet une meilleure répartition du courant et une plus grande durée des lames à cause de leur usure plus uniforme. Une particularité très intéressante est l'emploi d'électrolyte gélatineux produit par un mélange de silicate de soude et d'acide sulfurique dilué. La silice en gelée qui se dépose et se moule sur les surfaces conductrices maintient la matière active sur les grilles et il devient possible de charger l'accumulateur avec un fort courant; la présence du sulfate de soude dans la gelée empêche la formation d'une couche de sulfate de plomb, qui est préjudiciable à la conservation de la matière active et des lames ; enfin la rupture d'un vase n'entraîne pas sa mise immédiate hors de service, ce qui donne une grande sécurité à l'emploi de cet accumulateur.

Reproduction de l'écriture. — M. Forstner, de Vienne, emploie pour la reproduction de l'écriture ou du dessin le procédé suivant:

Une feuille de papier non collé est enduite successivement de colle de pâte, de gomme arabique et de deux couches de peinture à l'huile. On écrit ou dessine dessus d'après les procédés lithographiques ordinaires ; puis, après avoir laissé sécher, on l'étale sur une glace enduite de vernis à l'huile de lin, on passe à plusieurs reprises sur le verso une éponge humide, après quoi on détache la feuille de papier et on l'enlève. La glace est alors prête et peut servir à tirer à peu de frais de nombreux exemplaires d'une circulaire ou d'un dessin.

Néphoscope de Fineman. — Le néphoscope est un instrument qui sert à mesurer la hauteur des nuages ainsi que la vitesse et la direction de leur mouvement. Celui de Fineman se compose essentiellement d'une boussole sur le châssis de laquelle se trouve un anneau servant de

cadre à un miroir noir. Ce miroir parallèle au plan de l'aiguille aimantée est mobile autour de son centre dans son plan. On oriente l'instrument suivant un diamètre qui aboutit au centre d'une petite fenêtre pratiquée dans l'anneau et par laquelle on peut observer l'aiguille de la boussole. Le châssis de celle-ci porte une tige divisée en millimètres dont le zéro correspond à la surface du miroir au plan duquel elle est perpendiculaire ; sur cette tige glisse un curseur portant un réticule servant de point de mire.

Pour faire une observation, on tourne l'instrument de manière que le point de mire, le nuage et le centre du miroir soient dans le même plan vertical ; on déplace ensuite le point de mire sur sa tige jusqu'à ce que l'œil aperçoive le nuage au centre du miroir et on fait tourner celui-ci jusqu'à ce que le rayon correspondant à la petite fenêtre soit dans le méridien magnétique. On note le temps que met l'image à parcourir la distance connue de deux cercles concentriques tracés sur le miroir ; enfin on lit la hauteur du point de mire au-dessus du miroir, on peut alors calculer la hauteur du nuage, la direction et la vitesse de son mouvement. (Traduit du *Dingler's Polytechnisches Journal.)*

Eclairage de la Bibliothèque nationale de Paris et du British Museum de Londres. (Extrait de *la Nature.)*

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Mai 1891

Les ports allemands de la mer du Nord, par le baron Quinette de Rochemont, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Ce mémoire très important décrit les ports de l'Ems et de la Jade dont le plus important est le port militaire de Wilhelmshaven créé depuis 1856 sur des terrains nus, achetés à cet effet ; puis les ports du Weser dont le principal est celui de Brême et ceux de l'Elbe où Hambourg joue le même rôle. D'intéressants détails sont donnés sur le régime des fleuves, l'éclairage et la construction des phares, le balisage, le dragage et l'aménagement et l'outillage des ports. Le mémoire se termine par des renseignements statistiques et commerciaux. On y constate ce fait digne de remarque, qu'à Brême et à Hambourg l'exploitation de l'établissement maritime ne suffit pas à couvrir l'intérêt et l'amortissement des sommes employées à l'amélioration du port.

A Brême même, l'exploitation laisse un déficit annuel qui doit être couvert par un impôt. Ces deux États étant relativement peu importants, celui de Brême ne compte que 150 000 habitants, il en résulte une très lourde charge.

Note sur les **écoles professionnelles de bateliers en Prusse**, par M. B. de Mas, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

En Allemagne, ainsi que dans d'autres pays, on a réalisé l'organisa-

tion d'un enseignement professionnel pour la batellerie dans des conditions intéressantes à faire connaître.

Le but de ces écoles est, d'une manière générale, de compléter et d'étendre l'instruction des jeunes bateliers, tant au point de vue élémentaire qu'au point de vue scientifique et pratique ; l'objectif plus précis est de mettre les élèves en état d'obtenir immédiatement le diplôme de pilote pour la navigation à voiles.

Les écoles de chaque bassin sont administrées par une Commission de cinq membres. L'enseignement élémentaire est donné par des maitres de la localité, l'enseignement scientifique par le personnel des travaux publics et l'enseignement pratique par des bateliers, des constructeurs de bateaux et des pilotes.

Les écoles ne fonctionnent que l'hiver lorsque la navigation est interrompue par les glaces. On peut compter sur une durée effective de dix semaines pour la période d'instruction.

Les fonds affectés au fonctionnement de chaque école comprennent un crédit de 500 marks ouvert par le ministère du commerce et de l'industrie, et le produit de la rétribution scolaire fixée à 3 marks par élève et par période d'instruction. Les locaux sont fournis gratuitement par les municipalités qui prennent également à leur charge les frais d'entretien, de chauffage et d'éclairage.

L'enseignement est donné chaque semaine pendant 12 heures consacrées aux matières suivantes : calcul, enseignement commercial, langue allemande, correspondance, géographie, construction des bateaux, manœuvre des bateaux et législation. L'importance de l'enseignement dans ces matières est d'ailleurs adaptée au but à remplir et, de plus, il appartient aux comités locaux de faire un choix selon les maitres dont ils peuvent obtenir le concours et la valeur intellectuelle des élèves.

Remarque sur les chaudières cylindriques, par M. Ed. Collignon, Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

Le corps cylindrique des chaudières est généralement terminé par une calotte sphérique qui coupe le cylindre sous un angle α plus ou moins ouvert. On donne souvent à ce fond un surcroit d'épaisseur, pratique que l'auteur considère comme nuisible au point de vue de la conservation de l'enveloppe. Il démontre que l'épaisseur du fond doit toujours être moindre que l'épaisseur du corps cylindrique. Cette condition permet au fond de suivre les déformations de l'enveloppe, tandis que l'excès d'épaisseur attribué au fond donne à cette partie une raideur qui entraine la variation de l'angle α et la fatigue du métal au point le plus faible de la chaudière.

Juin 1891

Notice nécrologique sur MM. Maitrot de Varenne, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, par M. Armand Rousseau, Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

Notice sur les **travaux de restauration du Pont-Neuf**, à Paris, par M. Guiard, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

En décembre 1885, les deux arches nos 2 et 3 du Pont-Neuf, éprouvèrent de fortes cassures qu'un examen attentif permit d'attribuer à l'affaissement d'une partie de la pile n° 2.

Il fallait donc ou reconstruire complètement la pile et les deux voûtes, ou conserver la partie d'aval en dehors des fissures et reconstruire la partie d'amont. Cette dernière solution, qui fut adoptée, avait l'avantage, en dehors d'une économie très sensible dans les dépenses, de permettre de ne pas interrompre la circulation sur le pont.

La cause de l'accident est facile à expliquer : les piles du Pont-Neuf avaient été fondées simplement sur des plates formes reposant directement sur le sol.

Depuis lors le chenal avait été approfondi en contre-bas des plates formes de fondation, de sorte que les affouillements avaient produit un vide de 3 ou 4 *m* sous la pile qui, soutenue inégalement, s'est inclinée et a amené la rupture partielle des voûtes. Il résulte de ces observations qu'il était nécessaire de reprendre en sous-œuvre non seulement les piles avariées, mais encore toutes celles du petit bras de la Seine.

Pour la reconstruction de la pile n° 2 on a opéré comme pour l'élargissement du pont d'Austerlitz en accolant à la pile un caisson à air comprimé dans lequel s'est effectuée la démolition des maçonneries sous l'eau et la reconstruction des nouvelles fondations. La partie aval de cette pile a été consolidée par des murs de parafouille construits à l'air comprimé et distants de 2,50 *m* à 3 *m* des parements de la pile à laquelle ils sont reliés par des murs de revêtement en talus.

Les autres piles ont été consolidées par le battage d'une enceinte de pieux et palplanches dont les moises ont été reliées aux socles des piles par des murs de revêtement en moellon et ciment de Portland.

Les dépenses totales se sont élevées à 500 000 *f* en nombre rond.

Note sur la **construction récente en Allemagne de ponts en maçonnerie** avec articulations à la clef et au joint de rupture, par M. G. La Rivière, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

On a construit récemment en Allemagne quelques ponts en maçonnerie dans lesquels le joint de la clef et deux joints voisins du joint de rupture sont constitués par des feuilles de plomb de 20 à 22 *mm* d'épaisseur, qui occupent seulement le tiers intérieur du joint, les deux autres tiers restant vides à l'intrados et à l'extrados. Des expériences faites à Stuttgard ont démontré que des plaques de plomb fondu dans cette épaisseur peuvent supporter sans céder une pression de 120 *kg* par centimètre carré.

L'avantage de l'emploi de ces dispositions est que la possibilité de faire passer la courbe des pressions au centre des joints permet d'admettre un coefficient de sécurité beaucoup plus grand et par conséquent d'alléger considérablement les ouvrages.

Cette méthode a été appliquée à quatre ponts construits récemment dans le Wurtemberg et dont la note donne la description.

L'auteur fait observer que si ce système a été réalisé pour la première fois en Allemagne, il avait été proposé dès 1878 par M. Brosselin, aujourd'hui Inspecteur général des Ponts et Chaussées pour le pont de

Tolbiac sous une forme qui est presque identiquement celle qui a été appliquée depuis en Allemagne, sauf l'emploi du plomb qui n'avait pas été prévu par l'Ingénieur français et qui a sans aucun doute contribué dans une large mesure au succès des ouvrages dont il vient d'être question.

Note sur les **limites de l'air respirable,** par M. P. Étienne, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Le point de départ de cette note est dans des observations faites lors du dérasement de la roche la Rose, au port de Brest, à l'aide d'une cloche mobile sous laquelle les ouvriers travaillaient dans l'air comprimé.

L'auteur examine successivement ce que l'homme éprouve dans l'air raréfié, et dans l'air comprimé, les phénomènes de la respiration, en s'appuyant sur les expériences de Paul Bert. Les conclusions sont que la vie cesse par privation d'oxygène lorsque la pression propre à ce gaz est inférieure à 0,03 *m* de mercure dans l'air respiré par les poumons, c'est-à-dire dans l'air extérieur dont la pression est diminuée de la tension de 0,04 *m* de mercure propre à la vapeur d'eau intra-pulmonaire.

La vie cesse par excès d'acide carbonique lorsque la tension de ce gaz atteint 0,20 *m* de mercure. Enfin la vie cesse lorsque la tension propre à l'oxygène dépasse 1,60 *m* de mercure, comme dans l'air comprimé à 10 *atm*.

La durée de la vie humaine en vase clos peut atteindre par mètre cube et par homme six heures et demie dans l'air à la pression normale et aurait pour limite onze heures et demie dans l'air comprimé.

Notice sur le **nouveau barrage de la machine de Marly,** par M. A. Jozan, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Ce barrage, qui remplace les anciens pertuis de décharge de la machine de Marly qui existaient entre le barrage et le bâtiment de la machine, a 36,15 *m* de largeur entre les culées et la chute est de 3 *m*. Il est constitué par 28 fermes espacées de 1,25 *m* d'axe en axe. La barrage étant fermé à la navigation, ces fermes sont fixes ; elles reposent sur un radier de 12 *m* de longueur dans le sens du courant. Ce radier est constitué par 2 *m* de béton reposant sur les têtes de 210 pieux, par un massif de maçonnerie brute de 1,30 *m* d'épaisseur et par un revêtement horizontal en pierres de taille. Sur les fermes s'appuient les vannes formées de quatre rangs dont le rang supérieur, manœuvré de la passerelle, sert à régler la retenue.

La construction a été faite à sec à l'abri d'un batardeau. Les dépenses se sont élevées à 271 000 *f*, soit 7 496 *f* par mètre courant d'ouverture. Sur cette somme la partie métallique, fermes, vannes et appareils de manœuvre, ne figure que pour 29 000 *f*. Aucune pièce de cette partie métallique ne travaille à 6 *kg* par millimètre dans les conditions les plus défavorables.

ANNALES DES MINES

2e livraison de 1891.

Méthodes d'exploitation des couches de houille puissantes, par M. F. Delafond, Ingénieur en chef des Mines.

Dans les bassins houillers franco-belges, anglais et westphaliens, l'épaisseur des couches dépasse rarement 2 *m*, tandis que, dans le centre de la France, on rencontre des gites ayant 15 à 20 *m* de puissance; on a même rencontré des amas dont l'épaisseur atteignait parfois 70 à 80 *m*. La note a pour but de faire connaître les progrès réalisés depuis quelques années dans les méthodes d'exploitation de ces couches puissantes, c'est-à-dire de celles dont l'épaisseur normale dépasse 3 *m*.

De toutes les anciennes méthodes, deux seules ont donné des résultats satisfaisants, la méthode par tranches inclinées et la méthode par tranches horizontales, et encore la première ne convient-elle qu'à un très petit nombre de cas (couches d'une épaisseur inférieure à 4 ou 5 *m* et d'une inclinaison n'atteignant pas 40 ou 45 degrés). La tranche horizontale doit être considérée comme constituant la méthode générale de dehouillement des couches puissantes. Cette dernière méthode a subi, depuis quelques années, d'importantes transformations, tenant d'une part à ce qu'on est arrivé à combattre efficacement les feux souterrains, d'autre part à ce qu'il a été fait largement usage des moteurs intérieurs. Le rôle de ces moteurs semble devoir être encore plus important dans l'avenir et on est en droit d'en attendre de nouveaux progrès. Les houillères ayant une extraction importante, assurée pendant une période assez longue, ont le plus grand intérêt à faire les dépenses d'installation des appareils à air comprimé.

Notice nécrologique sur **Ed. Phillips,** Inspecteur général des Mines, par M. E. Sauvage, Ingénieur des Mines.

Avertisseur de grisou Thomas Shaw, par M. P. Bayard, ancien élève de l'École Polytechnique.

Cet appareil est employé aux États-Unis; son principe est celui de la fixité absolue de la proportion de gaz combustible nécessaire dans un mélange avec de l'air pour que l'inflammation se produise; cette proportion est de 0,06 pour le grisou et de 0,085 pour un gaz d'éclairage moyen.

Sur un courant de gaz continuellement aspiré d'un point de la mine à surveiller, on prélève, trois fois par minute, une prise d'essai que l'on envoie dans un cylindre ouvert sur une flamme dans un détonateur où la seule dilatation produite par l'inflammation est susceptible de pousser un piston qui fait résonner un timbre. C'est l'appareil avertisseur.

Pour arriver à la connaissance exacte des proportions de gaz combustible contenues dans un mélange, on emploie l'analyseur dans lequel on fait, à un mélange constaté non combustible, des additions croissantes et connues de gaz pur jusqu'à ce qu'on arrive au point d'inflammation. La proportion ajoutée donne par différence la proportion primitive.

La note décrit la disposition de ces deux appareils, qui paraissent donner des résultats très satisfaisants. Ils fonctionnent, notamment, à Connelsville, depuis mai 1889, dans des charbonnages des plus grisouteux, et y ont à plusieurs reprises prévenu des accidents graves.

Note sur le **dosage du grisou** par les limites d'inflammabilité, par M. H. Le Chatelier, Ingénieur en chef des Mines.

Cette note confirme l'exactitude du principe sur lequel est basé l'appareil Shaw dont il vient d'être question, c'est-à-dire que la proportion minima d'un gaz qui doit être mêlée à l'air pour obtenir un mélange combustible est une grandeur rigoureusement définie, susceptible d'être mesurée avec une très grande précision. L'auteur a constaté par de nombreuses expériences, relatées dans la présente note, que les limites d'inflammabilité peuvent être déterminées d'une façon certaine et sans difficulté à 1/10 000 près du volume total. Ces expériences confirment sensiblement les limites indiquées par M. Shaw.

Note sur l'**accident de La Machine (Nièvre)**, par M. Laurent, Ingénieur des Mines.

Il s'est produit, le 18 février 1890, aux mines de La Machine, un accident qui a causé la mort de 43 ouvriers, accident causé par la combustion de poussières de houille.

Il est indiscutable qu'une mine non grisouteuse peut être le théâtre d'accidents graves provenant de l'inflammation des poussières par suite du débourrage des coups de mine chargés à la poudre noire. L'arrosage est un palliatif sur l'efficacité duquel on n'est d'ailleurs pas d'accord; le seul remède susceptible de donner une sécurité complète est l'emploi d'explosifs incapables de provoquer l'inflammation des poussières. On devrait donc employer les explosifs de sûreté dans la plupart des mines non grisouteuses. On doit également s'attacher à perfectionner l'aérage et notamment adopter, au même titre que dans les mines grisouteuses, le principe de l'indépendance des quartiers au point de vue de l'aérage, ce qui présente un avantage réel, même à d'autres points de vue que celui des coups de poussières. Les circonstances de la catastrophe de La Machine permettent de penser qu'un aérage procurant un débit trois fois plus considérable aurait pu atténuer notablement la gravité de l'accident.

Note sur la **mise en communication permanente des cages de mines** en marche avec le machiniste, par M. Janet, Ingénieur des Mines.

La mise en communication permanente des cages de mines avec le machiniste, très désirable au point de vue de la sécurité de l'exploitation, a été essayée de diverses manières. L'électricité parait seule susceptible de donner une communication constante et l'idée la plus simple, indiquée par M. Boissan, ingénieur aux mines d'Anzin, consiste à utiliser le câble d'extraction pour former le circuit, en plaçant dans un des torons un petit câble en cuivre, isolé avec soin; mais cette solution présente certaines difficultés, notamment au point de vue de l'isolement et des réparations. Il serait préférable d'avoir un fil spécial tendu par des poids

avec des balais frotteurs fixes à la cage. Des appareils fondés sur ce principe ont été essayés de divers côtés et ont donné des résultats suffisants pour qu'on puisse espérer qu'avec quelques perfectionnements la communication entre les cages et le machiniste puisse devenir parfaitement pratique.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Réunions de Saint-Étienne

Séance du 4 Juillet 1891.

Communication de M. Grand'Eury sur la **ville de Middlesborough (États-Unis).**

Il s'agit d'articles publiés dans le *Journal des Débats* par M. Leclerc, relativement à la ville de Middlesborough, cité minière et industrielle que de hardis pionniers construisent dans une région montagneuse des États-Unis, à portée de gisements de minerai de fer étonnamment riches. La ville, qui a débuté en 1889 par 25 habitants, avait passé en 1890 à 6 000 et promet de devenir une des grandes cités industrielles du Sud. Il s'y construit un grand nombre d'usines et on calcule que, dans un délai de quinze mois, lorsque ces usines seront achevées et mises en marche, la ville pourra compter près de 40 000 habitants. D'après l'article que nous citons, la nature avait été prodigue pour cette localité : les bois, les matériaux de construction s'y trouvent en abondance, et outre le minerai de fer d'une qualité exceptionnelle, la houille s'y rencontre en quantités inépuisables et d'une excellente qualité.

L'ore process. — C'est le résumé fait par M. Choubley de la communication faite par M. Pourcel dans la séance du 1er mai 1891 de la Société des Ingénieurs civils.

Communication de M. Brustlein, sur la **réunion de l'Institut du fer et de l'acier aux États-Unis** *(suite)*.

L'auteur décrit Chicago et ses diverses industries tant métallurgiques qu'autres ; parmi ces dernières celles de la boucherie et de la charcuterie occupent le premier rang. Un des établissements où elle s'exerce, le plus important il est vrai, occupe 6 000 ouvriers. Il passe ensuite en revue la ville et les ateliers de Pullman, la ville de Birmingham, dans l'Alabama, grand centre métallurgique où la production de la fonte s'est élevée l'année dernière à 1 300 000 *t ;* la ville de Chattanooga et son tramway électrique qui dessert de longues rampes de 75 *mm* par mètre, la ville de Washington où l'auteur a pu voir l'essai d'un curieux système de propulsion pour tramway. Vient ensuite la visite de l'usine de

Sparrow's Point de la Pennsylvania Steel C°, celle des chutes du Niagara et de ses ponts, et d'un certain nombre d'établissements industriels, usine de Bethléhem, usine de la Midvale Steel C°, usine pour la fabrication d'objets en tôle emboutie, analogue à celle de MM. Japy, créée près de Brooklyn, par MM. Lalance et Grosjean, de Montbéliard, etc.

Communication de M. Rossigneux sur le **compresseur Riedler et le compresseur Hanarte.** — C'est une réponse à quelques observations d'une communication précédente de M. Hanarte. L'auteur indique en outre la possibilité de rafraichir l'air dans un compresseur à colonne d'eau par l'emploi de toile métallique roulée placée dans la tubulure parabolique, de telle sorte que cette toile absorbât le calorique provenant de la compression de l'air, lequel calorique serait ensuite repris par l'eau remontant dans la colonne.

Séance du 1er août 1891.

Communication de M. Raveaud sur les **explosions de grisou et sur les moyens d'en combattre les effets destructeurs.**

Cette note examine à nouveau, dans la première partie, les idées théoriques précédemment émises et, dans la seconde, étudiera au point de vue pratique les moyens propres à combattre les effets destructeurs des explosions de grisou. La première partie seule est donnée dans cette séance.

Fermeture de lampe système Bodard. — Cette nouvelle disposition consiste en un rivet de plomb mis en place avant l'allumage de la lampe et qui empêche d'abaisser le loquet logé dans un cran lorsqu'on a vissé les deux parties de la lampe.

Communication de M. Félix Benoit sur les **richesses minières de la Nouvelle-Calédonie.**

Ces richesses sont d'abord le terrain houiller qui comprend la houille anthraciteuse et la houille bitumineuse, puis le nickel qui est la vraie richesse calédonienne, le cuivre, le chrome et le cobalt, l'or, le plomb argentifère, le fer et les minerais divers.

Communication de M. Hanarte au sujet de la brochure intitulée **La distribution de la force par l'air comprimé dans Paris par les procédés Popp**, par le professeur Riedler.

L'auteur conteste les avantages de la compression étagée pour des pressions qui ne dépassent pas 6 et 8 *kg*. Il n'admet pas non plus l'exactitude de la formule empirique proposée par M. Rieddler pour calculer la perte de charge dans les conduites.

Communication de M. Brustlein sur l'**Ore process.** — L'auteur rend compte d'une étude publiée l'année passée à Leoben, par M. de Ehrenwerth, professeur de métallurgie à l'Académie des mines de cette ville, sur la production directe du fer dans le four sur sole. Ces conditions sont :

1° Emploi d'appareils bien appropriés pour chauffage, fusion ou réduction économique préalable du minerai ;

2° Une faible profondeur et une grande surface pour la sole du four Martin où doivent se produire les réactions ;

3° Le four doit avoir une grande puissance de chauffage lui permettant d'atteindre de très hautes températures ;

4° Éviter les causes du refroidissement du bain ;

5° Emploi de matériaux très réfractaires et résistant bien à l'action des laitiers ;

6° Emploi de minerais riches à teneur de 50 0/0 de fer au moins.

Il est peu probable que, pour de grandes productions, le procédé direct puisse rivaliser avec les procédés basés sur l'emploi du haut fourneau et de la cornue Bessemer ; néanmoins, comme il exige des installations moins coûteuses, il pourra trouver d'utiles applications dans des régions ayant sur place les matières premières nécessaires et dans lesquelles les difficultés de communication ou d'autres causes limiteraient la consommation.

Détérioration des chaudières à vapeur. — M. Bour, directeur de l'Association lyonnaise des propriétaires d'appareils à vapeur, se met à la disposition de la Société de l'industrie minérale pour donner aux membres des explications sur une partie de sa collection de défauts de chaudières qu'il expose à Saint-Étienne.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 33. — 15 *août* 1891.

Machine compound avec distribution par soupapes et distribution par organes Corliss, par C. Ludwik.

Procédés de séparation des substances mélangées, par H. Fischer.

Exposition internationale d'électricité à Francfort, par J. Epstein.

Nouvelle expérience sur le frottement des axes, par F. Reuleaux.

Chaudières marines à tirage forcé, par E. Lechner.

Groupe de Hambourg. — Combustion complète et suppression de la fumée. — Expérience sur une locomobile compound de Wolf.

Groupe du Hanovre. — La photographie.

Groupe de Hesse. — La prédiction du temps depuis l'antiquité jusqu'à nos jours.

Groupe de Poméranie. — Emploi du ciment de Portland.

Variétés. — Association pour le développement de l'enseignement des mathématiques et des sciences naturelles.

Bibliographie. — Les machines marines, par C. Busley.

N° 34. — 22 *août* 1891.

Locomotives de grande puissance pour courbes de faible rayon, par E. Bruckmann.

Mouvement du calorique dans les parois des cylindres à vapeur, par Kirsch.

Nouveaux moteurs à gaz et à pétrole, par R. Schottler.

Matériel de dragage pour la correction du bas Weser.

Chaudières marines à tirage forcé, par E. Lechner *(fin)*.

Groupe de Hanovre. — Développement actuel des voies navigables de l'Allemagne et leur importance pour le Hanovre. — Usage de la règle à calcul logarithmique.

Correspondance. — Théorie des pompes centrifuges.

N° 35. — 29 *août* 1891.

Expériences pour la recherche du calorique contenu dans la vapeur d'eau aux différentes pressions et emploi des résultats pour le calcul du travail de la détente, par A. Frank.

Procédés de séparation des matières mélangées, par H. Fischer *(suite)*.

Les diagrammes d'indicateur et les tracés graphiques des relations entre la pression, le volume et la température de la vapeur, par R. Proell

Les nouvelles installations pour l'extraction du sel du puits Louis II, à Stassfurt, par W. Haase.

Nouveaux moteurs à gaz et à pétrole, par R. Schottler *(suite)*.

Métallurgie. — Le cuivre, par C. Schnabel.

Appréciation des résistances propres des machines à vapeur, par C. Hohn.

N° 36. — 5 *septembre* 1891.

Locomotives de grande puissance pour courbes de faible rayon, par E. Brückmann *(fin)*.

Procédés de séparation des matières mélangées, par H. Fischer *(fin.)*

Les chaudières à vapeur à l'Exposition internationale d'électricité de Francfort, par R. Stribeck.

Les diagrammes d'indicateur et le tracé graphique des relations entre la pression, le volume et la température de la vapeur, par R. Proell *(fin)*.

Métallurgie. — Le cuivre, par C. Schnabel *(fin)*.

Préparation mécanique. — Machine magnétique « Monarch » de Ball et Norton, pour la préparation mécanique des minerais.

Appareils de sûreté contre les coups d'eau dans les cylindres à vapeur. — Appareils pour purger la vapeur avant son entrée au cylindre, par Freytag.

Correspondance. — L'ancienne distribution d'eau de Constantinople.

N° 37. — 12 *septembre* 1891.

Nouveaux moulins à cylindres de la Société des minoteries de Alkmaar (Hollande).

Expériences pour la recherche du calorique contenu dans la vapeur d'eau aux différentes pressions et emploi des résultats pour le calcul du travail de la détente, par A. Frank *(suite)*.

Chemin de fer souterrain à Londres, par L. Trooske *(suite)*.

Choix de la meilleure forme d'ailes pour les pompes centrifuges, par J. Bartl.

Machines marines. — Équilibration des pièces de la distribution des machines marines, par Goerris.

Métallurgie. — Le plomb, par C. Schnabel. — Exploitation des mines, par G. Kohler.

N° 38. — 19 *septembre* 1891.

Installation de turbines à l'usine d'Assling de la Société industrielle de Carniole, par B. Szüts.

Compensateur de travail pour machine élevatoire à détente variable, par F.J. Weiss.

Expériences pour la recherche du calorique contenu dans la vapeur d'eau aux différentes pressions et emploi des résultats pour le calcul du travail de la détente, par A. Frank *(fin)*.

Chemin de fer souterrain à Londres, par L. Trooske *(suite)*.

Locomotive compound articulée, système Mallet, du chemin de fer du Gothard, par F. Kapeller.

Congrès international des électriciens du 7 au 12 septembre, à Francfort.

N° 39. — 26 *septembre* 1891.

Emploi du métal fondu dans la construction des ponts, par R. Krohn.

Chemin de fer souterrain à Londres, par L. Trooske *(fin)*.

Emploi de la houille crue dans les hauts fourneaux, par Tl. Jung.

Détérioration des machines à vapeur et moyens de la combattre, par W. Theiss.

Variétés. — Production des mines et usines métallurgiques de Prusse dans les années 1889 et 1890.

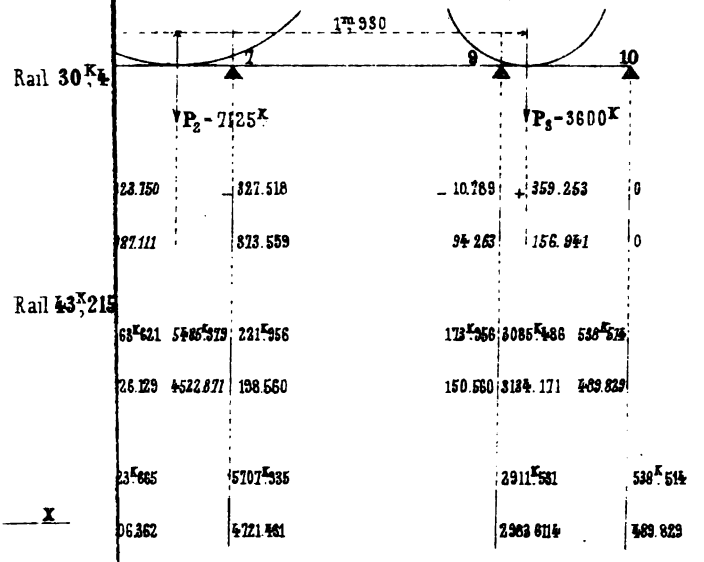
Correspondance. — Régularisation du mouvement des machines et régulateurs.

Pour la Chronique et les Comptes rendus,
A. Mallet.

PARIS. — IMPRIMERIE CHAIX RUE BERGÈRE, 20. — 21548-10-91.

upée
de l

rails pou upée sur le rail par une roue
de la Comp^ie du Nord.



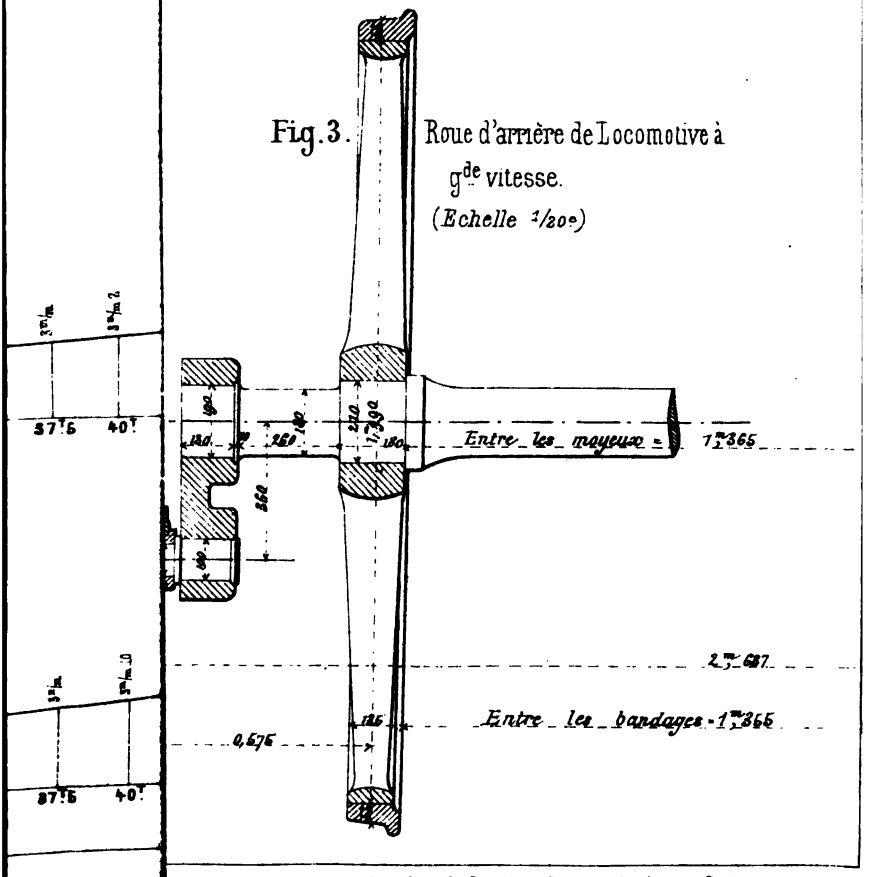


Fig. 3. Roue d'arrière de Locomotive à g^de vitesse.
(*Echelle 1/20e*)

Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris. (2363. 10 91)

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

OCTOBRE 1891

N° 4.

Sommaire des séances du mois d'octobre 1891 :

1° *Machines à vapeur (Le maximum de rendement théorique ou rendement direct des)*, par M. G. Richard (Séance du 2 octobre), p. 338 ;

2° *Décès* de MM. P. Lecœuvre, L.-J. Piedbœuf, E. Salleron, A. Bernard et P. Moncharmont (Séances des 2 et 16 octobre), p. 338 et 357 ;

3° *Concours pour la nomination d'un Ingénieur chargé des travaux à l'École d'Arts et Métiers d'Aix* (Séance du 2 octobre), p. 339 ;

4° *Programme des questions soumises aux délégués des Sociétés savantes en vue du Congrès de 1892*, lettre de M. le Ministre de l'Instruction publique (Séance du 2 octobre), p. 339 ;

5° *Lettres* de MM. Ch. Herscher, S. Périssé et Ch. Lucas (Séances des 2 et 16 octobre), pages 339 et 357 ;

6° *Prix décernés par la Société industrielle de Mulhouse pour l'année 1891-1892* (Séance du 2 octobre), p. 339 ;

7° *Concours pour la centralisation de la manœuvre des aiguilles* (Séance du 2 octobre), p. 339 ;

8° *Voyage en Hollande (Compte rendu du)*, par M. E. Polonceau, Président de la Société (Séance du 2 octobre), p. 340 ;

9° *Moteurs à gaz et, en particulier, le nouveau moteur système Niel*, par MM. Auguste Moreau, A. Lencauchez, Gustave Richard et D.-A. Casalonga (Séances des 2 et 16 octobre), p. 343, 363, 366 et 376 ;

10° *Paris Port de Mer (Suite de la discussion de)*, par M. L. Molinos et lettre de M. J. de Coëne (Séance du 2 octobre), p. 350 et 356 ;

11° *Décorations et nominations* (Séance du 16 octobre), p. 357 ;

12° *Prix annuel et prix Nozo (Remise des médailles des)* (Séance du 16 octobre), p. 357 ;

13° *Calcul des arches surbaissées en maçonnerie (Nouvelle méthode de)*, analyse de l'ouvrage de M. N. de Tedesco, par M. Edmond Coignet (Séance du 16 octobre), p. 357 ;

14° *Calcul des poutres droites avec poutrelles (Méthode générale de)*, analyse de la note de M. M. Duplaix, par M. Bertrand de Fontviolant (Séance du 16 octobre), p. 359 ;

15° *Chaudières multitubulaires (Conditions de recette des tubes de)* par M. L. Compère (Séance du 16 octobre), p. 360.

Pendant le mois d'octobre 1891, la Société a reçu :

32328 — De la Société académique d'agriculture, des sciences, arts et belles-lettres du département de l'Aube. *Mémoires, tome LIV. année 1890* (in-8°). Troyes, Dufour-Bouquot, 1890.

32329 — De M. P. Yankowsky (M. de la S.). *Sur la résistance des sols naturels à la pression verticale*, par N.-J. Kourdumoff (in-8° de 37 p. avec pl.) en russe. Saint-Pétersbourg, J. Ehrlich, 1891.

32330 — Du Comité de défense de l'alimentation nationale. *Réunion privée tenue le 26 juillet 1891* (petit in-4° de 18 p.). Paris, Kugelmann, 1891.

32331 — De M. H. Chapman (M. de la S.). *Une explication du phonopore se rapportant plus spécialement au télégraphe phonopore Simplex.* par C. Langdon-Davies (petit in-4° de 68 p.). Londres, Kegan et C°, 1891.

32332 à 32335 — De M. J. Duclout (M. de la S.). *Memoria del Departamento de Obras publicas de la Nacion 1885-1888* (3 vol. in-8° et un atlas in-f°). Buenos-Aires, 1891.

32336 — De M. J. de Guillen-Garcia (M. de la S.). *Historia de la Molineria y Panaderia* (grand in-8° de 107 p.). Barcelona, 1891.

32337 — De M. J. Forrest. *Minutes of the Proceedings of the Institution of civil Engineers, vol. CV, 1890-1891.* Part. III. London, 1891.

32338 — Du même. *Charter, supplemental Charter by Laws and List of Members of the Institution of civil Engineers.* London, 1891.

32339 — De M. O. Chanute. *Address of the annual Convention at Chattangoa tenn. May 22 D 1891* (in-8° de 33 p.).

32340 — De M. H. Tardieu (M. de la S.). *Histoire de la législation des sucres*, par E. Boizard et H. Tardieu, 1664-1891 (grand in-8° de 393 p.). Paris, Sucrerie indigène, 1891.

2341 — De K. K. Central Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus. *Jahrbücher 1888, XXV.* Wien, 1889.

32342 — De M. E. Waxweiler. *La transmission du travail à distance* (in-8° de 42 p.), 1891.

32343 — De M. A. Lavezzari (M. de la S.). *Note sur la recherche des défauts de générateurs de vapeur relatifs à l'installation et remèdes à apporter* (grand in-8° de 8 p.). Paris, J. Kugelmann, 1891.

32344 — De MM. E. Bernard et C^ie^. *La distribution de la force par l'air comprimé dans Paris* (procédés Victor Popp), par Riedler. Grand in-8° de 73 p.

32345 — Des mêmes. *La traction électrique et la traction animale des tramways*, par P. Gadot (petit in-12 de 139 p.).

32346 — Des mêmes. *Manuel pratique de lithographie sur zinc*, par L. Monrocq (petit in-12 de 126 p.).

32347 — Des mêmes. *Manuel pratique du Conducteur de travaux*, par F.-J. Kohler et Dubuisson (petit in-12 de 282 p. avec pl. et appendice de 139 p.).

32348 — Des mêmes. *Aide-mémoire de physique industrielle*, par E. Lelaurin (petit in-12 de 184 p. avec pl.).

32349 — Des mêmes. *Aide-mémoire du constructeur de navires*, par B. Martinenq (petit in-12 de 856 p.).

32350 — Des mêmes. *Résistance des matériaux*, par A. Madamet (grand in-8° de 486 p.). Paris, E. Bernard et C^ie^, 1891.

32351 — De MM. Gauthier-Villars. *Traité pratique de chimie métallurgique* (grand in-8° de 360 p. avec pl.). Paris, Gauthier-Villars, 1891.

32352 à 32354 — De M. A. Portier (M. de la S.). *Trazado proyectado de la via ferrea de Encontrados à la Fria y de la San Cristobal al rio uribante* (3 cartes États-Unis de Venezuela).

32355 — De la Direction générale des Douanes. *Tableau général du commerce de la France pour 1890*. Paris, Imprimerie Nationale, 1891.

32356 et 32357 — De M. A. Picard. *Rapport général sur l'Exposition universelle internationale de 1889*, tomes I et II. Paris, 1891.

32358 — De M. G.-A. Pryce-Cuxson. *Society of Engineers. Transactions for 1890 and general Index 1861 to 1890*. New-York, 1891.

32359 — De M. S. Périssé (M. de la S.). *Institut commercial de Paris. Distribution des prix, 29 juillet 1891* (petit in-8° de 55 p.). Paris, Ed. Duruy, 1891.

32360 — De la Société anonyme de l'*Annuaire de l'Industrie française et du Commerce d'exportation. Annuaire pour 1891*. Paris, Librairie de la Société.

32361 — De M. Ch. Walrand (M. de la S.). *Production de l'acier propre au moulage et à la fabrication des lingots dans des convertisseurs de très petit volume* (in-12 de 15 p.). Saint-Dizier, Hanriot et Godard, 1891.

32362 — De la Société industrielle de Mulhouse. *Programme des prix proposés par la Société pour 1892* (grand in-8° de 66 p.). Mulhouse, Veuve Bader et C^ie^, 1891.

32363 — De M. A. Picard. *Rapport général sur l'Exposition universelle internationale de 1889*, tome III. Paris, Imprimerie Nationale, 1891.

32364 — De M. J. Armengaud (M. de la S.). *Du rôle des brevets d'invention dans les progrès de l'industrie* (in-8° de 24 p. avec pl.). Paris, Chaix, 1891.

32365 — De M. A. Bandsept (M. de la S.). *La ventilation par l'éclairage au gaz* (in-8° de 18 p. avec pl.). Paris, Chaix, 1891.

32366 — De M. C.-H. Davis. *Office of naval intelligence General Information, series n° X, 1891.* Washington, 1891.

32367 — De l'"Iron and Steel Institute". *The Journal of the Iron and Steel Institute 1891, n° 1.* London, 1891.

32368 à 32370 — De la Direction générale des Chemins de fer Roumains. *Concours pour la manœuvre centrale des aiguilles, des changements de voies et des signaux* (2 feuilles et un dessin pet. in-4°).

32371 — De l'Institut des Ingénieurs Néerlandais. *Vergadering van het Konig. Instituut van Ingenieurs te S, Gravenhage op 31 Aug., 1891. Bezoek aan Neederland door de leden der Société des Ingénieurs civils* (in-4° de 3 p.). Te s' Gravenhage, 1891.

32372 — De M. H. Palm. *Katalog der von dem Kaiserl. Koningl. Priviligien Archive registrirten Erfindungs. Privilegien für das Jahr 1890* (in-8° de 1124 p.). Wien, 1891.

32373 — De M. G. Bouscaren (M. de la S.). *Final Report to the Trustees of the Convington Reservoir* (in-8° de 172 p.). Cincinnati, 1891.

32374 — De MM. A. Chélu (M. de la S.) et Chaix. *Le Nil, le Soudan, l'Egypte* (grand in-8° de 507 p.). Paris, Chaix et Garnier, 1891.

32375 — De M. L. Rospendowski (M. de la S.). *Bielenie zarys rezwoju technicznej fabrykacyi* (in-8° de 39 p.). Warzawa, 1891.

32376 — De M. J.-W. Post (M. de la S.). *Le réseau des chemins de fer de l'État à Sumatra* (petit in-4° de 20 p. avec pl.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1891.

2377 et 32378 — De « l'United States and Geodetic Survey ». *Report of the Superintendant* (june 1889, part. I et II). Washington, 1891.

32379 — De M. A. Dumas. *Projet d'achèvement du Canal de Panama* (gr. in-8° de 115 p. avec pl.). Paris, E. Bernard et C^ie^, 1891.

32380 — Du Syndicat des Ingénieurs-conseils. *Fêtes du Centenaire de la loi de 1891 sur les brevets d'invention, célébrées les 25 et 26 mai 1891* (gr. in 8° de 23 p.). Paris, siège du Syndicat.

32381 — Du Comité des Forges de France. *Annuaire pour 1891* (pet. in-8° de 163 p.). Paris, siège du Comité, 1891.

32382 — De M. J. de Koning (M. de la S.). *Desséchement des polders; drainage et irrigation artificielle* (in-8° de 24 p.), 1891.

32383 — De M. P. Garnier (M. de la S.). *Rapport du Jury international sur l'Exposition universelle de 1889, Classe 26, Horlogerie. Rapport de M. P. Garnier.* Paris, Imprimerie Nationale, 1891.

3284 — De M. N. de Tedesco (M. de la S.). *Tables et graphiques pour le calcul des arches surbaissées en maçonnerie* (in-4° de 25 p. avec pl.). Paris, Baudry et C^ie^, 1891.

Les membres nouvellement admis pendant le mois d'octobre 1891, sont :

Comme membres sociétaires, MM. :

M.-M. Geny, présenté par MM. E. Polonceau, Rémaury, Rubin.
E.-L. Martin, — Boileau, Jannettaz, de Nansouty.
H. Matthyssens, — Coiseau, Couvreux, J. Fleury.
M.-Ch. Mazoyer, — E. Coignet, Ch. Herscher, P. Jousselin.
J. M. de Montgolfier, — Carimantrand, Lévi, Mallet.
L.-J. Le Cocq d'Oliveira, Ch. Casalonga, Pinheiro, Teixeira.

Comme membre associé, M. :

Ch. Desouches, présenté par MM. A. Desouches, Carimantrand, Lévi.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE OCTOBRE 1891

Séance du 2 octobre 1891

PRÉSIDENCE DE M. E. POLONCEAU.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. G. Richard a envoyé la rectification suivante à une phrase du procès-verbal de la séance du 17 juillet (p. 38 du Bulletin de juillet) :

« Eh bien, à — 273°, pour $t_0 = -\frac{1}{\alpha}$, que devient la pression p_0 de » notre gaz parfait dans son enceinte invariable? Vous savez qu'elle s'an- » nule en vertu de la formule

$$p_0 V_0 = R\left(t_0 + \frac{1}{\alpha}\right),$$

» puisque le volume V_0 s'y trouve réduit au volume atomique v; et.....»

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de M. Paul Lecœuvre, ancien professeur à l'Ecole centrale, membre de la Société des Ingénieurs civils depuis 1848, décédé le 18 septembre.

M. Ch. de Comberousse a prononcé sur sa tombe un discours qui sera publié dans le Bulletin.

M. LE PRÉSIDENT annonce également le décès de M. L.-J. Piedbœuf, membre de la Société depuis 1880, ancien élève de l'École des Mines de Liège.

M. LE PRÉSIDENT signale parmi les ouvrages reçus :

1° Un exemplaire du rapport officiel relatif aux travaux publics de la République Argentine, envoyé par notre collègue, M. J. Duclout, dont la lettre est lue à la séance;

2° Divers ouvrages de la maison Bernard sur la résistance des matériaux.

Il est donné lecture :

1° D'une lettre de M. le Ministre du Commerce, informant qu'un concours sera ouvert, à Paris, au Conservatoire national des Arts et Métiers, pour la nomination d'un Ingénieur chargé des travaux à l'École nationale d'Arts et Métiers d'Aix ;

2° D'une lettre de M. le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts adressant le programme des questions soumises à MM. les délégués des Sociétés savantes en vue du Congrès de 1892. M. le Ministre ajoute qu'il tiendra le plus grand compte de l'initiative des Sociétés savantes et qu'il aurait désiré connaître à l'avance, ainsi qu'il en a exprimé le vœu à diverses reprises, les modifications qu'elles auraient eu l'intention d'apporter dans la rédaction du programme. M. le Ministre signale ce point à toute l'attention de MM. les délégués qui iront au Congrès l'an prochain, et les prie de lui faire part des observations de la Société en lui indiquant le texte des questions auxquelles ils auraient songé, avec le désir de les voir figurer à l'ordre du jour du Congrès de 1893 ;

3° D'une lettre de M. Morin, conducteur des Ponts et Chaussées à Paris, envoyant un tableau facilitant divers calculs, notamment, la division d'une circonférence en parties égales; le rapport par points d'une circonférence, ou d'une ellipse; le tracé d'un engrenage ; le tracé des joints d'une voûte elliptique et celui des marches d'un escalier à projection elliptique; le rapport ou l'évaluation d'une longueur donnée, avec exactitude, quelque prolongée que soit l'expression décimale de sa valeur; le rapport d'un angle donné avec un écart maximum de 1'30".

De ces facilités directement données découlent : la division en parties égales ou équivalentes d'une courbe à plusieurs centres, fermée ou non ; la transformation de degrés en pentes ou rampes, sans avoir recours aux tables trigonométriques ou de logarithmes, etc. ;

4° D'une lettre du Président de la Chambre syndicale des mécaniciens, chaudronniers et fondeurs, M. Ch. Herscher, au sujet de l'École professionnelle de Monthermé (Ardennes), en vue d'engager les membres de cette Chambre syndicale à compléter, dans la mesure du possible, le matériel encore nécessaire pour faire fonctionner cette École ;

5° D'une lettre de M. S. Périssé adressant un compte rendu de la distribution des prix à l'Institut commercial de Paris, qu'il a présidée le 27 juillet 1891, en vertu d'une délégation de M. le Ministre du Commerce, de l'Industrie et des Colonies, en sa double qualité d'ancien Vice-Président de la Société des Ingénieurs civils, et d'Inspecteur régional de l'enseignement technique ;

6° D'une lettre de la Société industrielle de Mulhouse, adressant le programme des prix proposés pour l'année 1891-1892 ;

7° D'une lettre de la Direction générale des Chemins de fer Roumains envoyant la publication et le programme d'un concours pour la centralisation de la manœuvre des aiguilles, des changements de voie et des signaux.

M. LE PRÉSIDENT fait dans les termes suivants le compte rendu sommaire du voyage en Hollande :

Messieurs et chers Collègues,

Notre collègue du Comité, M. Lippmann, a bien voulu se charger du compte rendu et du rapport technique sur notre voyage en Hollande. Je ne m'étendrai donc pas sur cette charmante et intéressante tournée. Notre collègue Lippmann, avec sa haute compétence, vous remettra un travail d'une très grande valeur. Je le remercie donc en votre nom et au mien d'avoir bien voulu s'en charger.

Notre agent général, M. de Dax, avait très bien préparé ce voyage ; son concours précieux nous a évité beaucoup de difficultés.

Comme vous le savez, nous nous sommes rendus au nombre de quarante-deux membres de la Société des Ingénieurs civils à la gracieuse invitation que nous avait faite l'Institut Royal des Ingénieurs néerlandais. Les diverses Compagnies de chemins de fer avaient bien voulu accorder des réductions de place de 50 0/0, et la Compagnie du Nord, avec l'amabilité habituelle de M. Sartiaux, cet Ingénieur instigateur et propagateur du progrès, nous avait fait réserver des voitures spéciales le 30 août à 8 h. 5 du matin ; la Compagnie internationale des Wagons-Lits avait mis à notre disposition un wagon restaurant, ce dont nous remercions l'habile directeur général, M. Nagelmackers. Nous partions donc dans les meilleures conditions.

A Rosendaal, frontière hollandaise, nous attendait un train spécial organisé par M. Cluysenaer, directeur général des Chemins de fer de l'État néerlandais, et M. van Hasselt, directeur général des Chemins de fer Hollandais. Ce train spécial est resté à notre disposition pendant tout notre séjour en Hollande, et nous ne saurions trop remercier ici MM. Cluysenaer et van Hasselt.

Nous arrivions à La Haye à 6 h. 13 du soir, où nous fûmes reçus par une délégation de l'Institut Royal des Ingénieurs néerlandais : MM. Tideman, Repelaer van Driel, Teding van Berkhout, Halbertsma, Stieltjes, Ribbius, etc.

Le lundi, une délégation nous conduisait visiter l'atelier du grand peintre hollandais Mesdag, qui nous fit les honneurs de ses salons avec une obligeance parfaite. Ces salons sont un véritable musée rempli de ses œuvres les plus remarquables et contenant également une galerie de nombreux tableaux de nos meilleurs maîtres.

M. Mesdag eut l'amabilité de nous conduire au Panorama de *Scheveningue;* c'est le plus saisissant que j'aie jamais vu.

A 1 h. 1/2 a lieu, au Palais des Arts et des Sciences de la Haye, la réception officielle sous la présidence de M. Conrad, l'éminent Ingénieur, qui nous accueille de la manière la plus flatteuse pour le corps des Ingénieurs civils et pour la France, ce dont je le remercie vivement.

M. Legrand, envoyé extraordinaire et ministre plénipotentiaire de la République française, qui siégeait au bureau, nous souhaite également la bienvenue.

La séance se termine par une communication très complète et très

saisissante de M. Repelaer van Driel sur les divers grands travaux que nous allions visiter.

Ensuite nous partons en tramway à vapeur pour Scheveningue, ce charmant bain de mer, où nous visitons l'usine des tramways électriques qui fonctionne avec le plus grand succès et très économiquement. Nous rentrons à La Haye par un charmant chemin bordé de villas délicieuses.

Le grand dîner officiel *Au Vieux Doëlen* comprenait 118 convives. Après les toasts à S. M. la Reine, à S. M. la Reine régente et à M. Carnot, Président de la République française, vinrent les discours habituels, très élogieux pour vous tous, Messieurs, et pour la France, et qui prouvent toute la sympathie des Ingénieurs hollandais. J'y répondis de mon mieux.

A la fin du banquet, notre ministre de France, M. Legrand, accompagnant S. Exc. le ministre des Travaux publics de Hollande, M. C. Lely, qui avaient été retenus à un dîner officiel en l'honneur de la fête de S. M. la Reine, donné par M. le Ministre des Affaires étrangères, vinrent nous témoigner tout le plaisir qu'ils avaient de nous voir parmi eux.

M. Legrand, dans une improvisation, fut couvert d'applaudissements.

Nous partons ensuite pour assister à un fort beau feu d'artifice tiré en l'honneur de la fête de S. M. la Reine. Des places nous avaient été réservées dans les tribunes. Après, nous allons au pavillon du Bois du Cercle littéraire de La Haye où, à peine arrivés, la musique joue un brillant allegro : *Hommage aux Ingénieurs français*, composé en notre honneur par un des Ingénieurs néerlandais, M. Steven van Groningen. J'en remets sur le bureau un exemplaire.

Le mardi 2 septembre. — Un train spécial nous emmenait sous la direction de M. le Président Conrad et d'un grand nombre d'Ingénieurs néerlandais à Rotterdam, cette ville charmante et si puissamment commerçante; nous y trouvions M. de Jongh, Directeur des travaux de la ville de Rotterdam, qui venait nous montrer les travaux immenses qu'il exécute avec la plus grande économie; des voitures en très grand nombre nous conduisirent par toute la ville; puis de petits bateaux à vapeur nous firent voir le port ou plutôt les divers ports actuels et ceux en construction. Après cette visite, un grand bateau à vapeur où nous déjeunâmes environ 125, nous emmenait voir le grand pont de plus de 1400 *m*, du Moerdijk, nous descendions à Dordrecht et arrivions à La Haye par train spécial pour dîner. Nous ne savions ce que nous devions admirer le plus de tous ces grands travaux ou de l'amabilité, la gracieuseté, la gaieté et la confraternité complète des Ingénieurs néerlandais. Nous devons ici remercier tout spécialement M. de Jongh qui avait organisé d'une façon si remarquable le voyage à Rotterdam et aux environs.

Le soir nous allions au Kurhaus de Scheveningue, pour lequel on nous avait remis des cartes.

Le mercredi, 3 septembre, nous partions par train spécial pour Ymuiden, situé à l'embouchure du canal d'Amsterdam à la mer; nous visitions la nouvelle grande écluse en construction. Les Ingénieurs, MM. Bekaar et du Croix, nous ont donné tous les éclaircissements désirables. On

sent dans ces œuvres le génie de l'Ingénieur qui ne craint pas la responsabilité de faire grand parce qu'il sait prévoir juste.

Nous allions ensuite dans le port et l'avant-port en bateau ; puis nous repartions pour Amsterdam, où un grand banquet, offert par l'Institut Royal des Ingénieurs néerlandais, était organisé. Après les toasts et discours habituels, nous partions en voiture sous la direction de M. le Président Conrad et avec le concours de M. Gosschalk qui s'était chargé d'organiser notre réception à Amsterdam et s'en est acquitté à son plus grand honneur. Nous devons ici l'en remercier très sincèrement de nouveau.

Nous visitons la ville en voiture, puis une grande partie des canaux et l'une des usines à gaz de la Compagnie Impériale et Continentale, dont M. Salomons nous fait les honneurs avec la plus grande amabilité; cette usine est admirablement bien organisée et dirigée.

De là nous partons pour le Jardin zoologique, et enfin un dîner d'adieux nous réunit et nous reprenons notre train spécial qui nous ramène à la Haye pour repartir le lendemain matin pour Paris.

Ce que je ne saurais trop vous dire, c'est avec quels soins, quelles attentions délicates tout était préparé par M. le Président Conrad, secondé par M. Tideman et par les Ingénieurs néerlandais, pour nous rendre le voyage agréable, facile et instructif; avec quelle confraternité complète ils nous ont reçus et combien ils ont cherché à nous montrer et à nous prouver leur grande sympathie.

C'est cette sympathie qui m'a le plus touché et le plus profondément ému. On sentait, sous ces poitrines, battre des cœurs généreux, cherchant le progrès.

C'est avec un dévouement sans bornes que M. Conrad, l'éminent Ingénieur Président de l'Institut Royal des Ingénieurs néerlandais, a dirigé nos pas avec un tact, une cordialité dont on ne peut se faire une idée, donnant, par sa haute compétence, aux explications et descriptions des travaux une valeur exceptionnelle.

Partout nous étions accompagnés par 100 à 130 Ingénieurs néerlandais, cherchant par tous les moyens à nous obliger et à nous faciliter nos études.

En résumé, je chercherais en vain ce qu'on aurait pu faire de plus pour nous être agréable et pour rendre ce voyage plus instructif.

M. le Président propose l'envoi à La Haye du télégramme suivant :

Ingénieur Conrad, Spieghelstraat, 5, La Haye.

A la suite de l'exposé du voyage en Hollande des membres de la Société des Ingénieurs civils par M. le Président Polonceau, la Société, tenant sa première séance de rentrée, décide à l'unanimité d'envoyer ses sincères et cordiaux remerciements à l'Institut Royal des Ingénieurs néerlandais, et spécialement à son Président, M. Conrad.

E. Polonceau.

Cette proposition est adoptée à l'unanimité.

M. le Président dépose ensuite sur le bureau le compte des recettes et

dépenses de l'excursion pour répondre à une lettre que lui avait adressée un membre de la Société et rappelle que, conformément à ce qui a été décidé, le solde restant en caisse sera versé au fonds de secours.

M. Edmond Roy fait remarquer qu'il avait cru devoir faire cette observation, parce qu'il peut arriver qu'on ne puisse pas aller à un voyage auquel on désirait prendre part ; c'est ce qui lui est arrivé à lui-même, s'étant trouvé indisposé. Il vaudrait donc mieux ne pas verser d'argent d'avance.

M. É. Level propose de voter des remerciements au Président de la Société et à ceux des membres qui ont bien voulu à leurs frais représenter dignement la Société à l'étranger. *(Applaudissements.)*

M. le Président donne la parole à M. Aug. Moreau pour sa communication sur *les moteurs à gaz et, en particulier, le nouveau moteur système Niel.*

M. Aug. Moreau rappelle que l'Exposition universelle de 1889 présentait, dans la classe 52 (machines et mécanique générale), dont il était l'Ingénieur, un grand nombre d'appareils des plus intéressants au sujet desquels il a l'intention de rédiger quelques mémoires pour la Société. Il commencera ce soir par les moteurs à gaz, parce qu'il lui a semblé que c'étaient ces machines qui, depuis 1878, avaient fait le plus de progrès et pris le plus d'extension.

En 1867, il y avait à l'Exposition trois moteurs à gaz; en 1878, il y en avait huit ; il est inutile de parler de l'Exposition de 1855, où il n'y en avait aucun, quoiqu'ils fussent déjà inventés et connus. En 1889, il y avait 31 exposants présentant 40 types de 53 modèles différents dont la force dépassait 1 000 chevaux.

Tout le monde connaît aujourd'hui les raisons qui ont amené ces rapides progrès. Le moteur à gaz se place aisément partout, sans autorisation, et le plus souvent sans fondations; le mécanicien à poste fixe n'est pas indispensable ; le besoin de plus en plus impérieux d'avoir des moteurs dans les maisons le rend précieux, surtout pour les petites industries ; il peut se passer, en effet, d'un générateur, qui serait souvent difficile à installer et entraîne toujours des chances d'explosion. Un simple robinet le met en communication avec la conduite du gaz et tout est dit.

Il présente en outre des avantages théoriques. Ainsi, au point de vue du rendement thermique, il l'emporte sur la machine à vapeur. Celle-ci, en effet, dans les meilleures conditions, c'est-à-dire pour une force de 200 à 300 chevaux, consomme environ 1 *kg* de charbon par cheval et par heure, développant 8 500 calories : le moteur à gaz le plus vulgaire dépense aujourd'hui au maximum 1 000 *l* de gaz d'éclairage par cheval et par heure, représentant *5 300 calories* environ ; par conséquent, dans les mêmes conditions, pour produire un cheval de force, il faut, dans le premier cas, 8 500 calories et, dans le second cas, 5 300. Mais actuellement, les moteurs à gaz arrivent à ne consommer couramment que 800 *l* de gaz par cheval-heure et même quelquefois moins, c'est-à-dire au plus 4 240 calories. Le rendement thermique du moteur à gaz est donc sensiblement le double de celui de la machine à vapeur.

Le véritable inventeur de ce genre de machines était un prêtre français, l'abbé Hautefeuille. Il avait imaginé, dès 1678, d'employer les gaz

développés par l'explosion de la poudre à canon comme producteurs de force motrice ; après plusieurs essais sans grande importance, on arrive à Lebon, ingénieur français qui, en 1799, prit un brevet relatif à de nombreuses applications du gaz, parmi lesquelles il insiste sur son emploi comme force motrice. Il donne les principes fondamentaux du moteur à gaz et surtout signale l'utilité de la compression, qui est reconnue aujourd'hui comme un élément essentiel du succès.

De nombreux brevets ont été pris depuis sur cette question, mais on arrive en 1860 sans rencontrer de perfectionnements importants. Comme le dit spirituellement M. l'ingénieur Witz, qui fait autorité en la matière, le moteur à gaz était inventé, mais il ne marchait pas.

C'est alors que M. Lenoir imagina son moteur à double effet avec allumage par l'électricité. On se rendra compte du chemin parcouru depuis, quand on saura que le moteur en question consommait 3 000 *l* de gaz par cheval et par heure. Le directeur de la Compagnie du Gaz à cette époque, M. Hugon, remplaça en 1862 l'allumage électrique par un brûleur, et il perfectionna en même temps l'appareil dont la consommation tombe à 2 445 *l*.

Mais, c'est en 1862 que fut réalisé le progrès le plus important et qui amena une véritable révolution dans l'industrie des moteurs à gaz.

A cette époque, un brevet, sous forme de mémoire, fut pris par M. Beau de Rochas, dans lequel l'auteur posait tous les principes pratiques du moteur à gaz moderne et imaginait la marche en quatre périodes si répandue aujourd'hui sous le nom de cycle à quatre temps.

M. Aug. Moreau indique alors en quoi consiste ce cycle : Dans une première période, le piston aspire le mélange inflammable de gaz et d'air, ordinairement dans la proportion de 1 de gaz pour 8 d'air ; c'est le premier temps.

Arrivé au bout de sa course, le piston recule et comprime le mélange : c'est le second temps. Le rendement du moteur est, dans une certaine limite, à peu près proportionnel à cette compression, qu'il faut donc obtenir la plus grande possible ; on n'est limité que par la nécessité pratique de ne pas avoir une explosion trop brutale ni une température initiale trop élevée rendant le graissage difficile.

Dans le troisième temps, ce mélange comprimé est allumé, fait explosion et projette le piston en avant dans le même sens que le premier temps.

Enfin, dans le quatrième temps, le piston revient en arrière et expulse plus ou moins complètement au dehors les produits de la combustion.

En résumé, on voit qu'on n'a une explosion utile que tous les deux tours de volant. C'est là une infériorité sur la machine à vapeur, qui a besoin d'organes quatre fois plus faibles pour obtenir le même travail.

A l'Exposition de 1867, les trois types de moteurs à gaz exposés étaient : les machines de MM. Lenoir et Hugon, déjà citées, et un moteur nouveau et original, celui de MM. Otto et Langen ou moteur atmosphérique, dont la consommation ne dépassait déjà pas 800 *l* de gaz, ce à quoi on est arrivé aujourd'hui, après bien des tâtonnements. Il est bon d'ajouter que ce moteur n'était que le perfectionnement d'une autre machine brevetée le 3 mai 1854, par MM. Barranti et Mateucci, qui n'avait

jamais pu fonctionner convenablement. Malgré sa faible consommation, le moteur à crémaillère a été abandonné, même par ses auteurs, à cause du bruit insupportable qui accompagnait chaque explosion.

Un peu plus tard, en 1870, fut imaginé le moteur sans compression, de Bischopp, qui a rendu de grands services à la petite industrie; il se serait certainement répandu davantage s'il n'avait eu bientôt à lutter contre le nouveau moteur Otto, si universellement connu aujourd'hui et dont le brevet date de 1876; on le voit la première fois faire ses preuves et conquérir les sympathies du monde savant et industriel à l'Exposition universelle de 1878. C'était une application directe et immédiate des principes, et en particulier du cycle à quatre temps, de Beau de Rochas.

Aussi, ce brevet étant tombé dans le domaine public, de nombreux inventeurs se mirent-ils à faire des moteurs à quatre temps. M. Otto leur intenta des procès et les perdit tous, non seulement en France, mais dans son propre pays, en Allemagne. Il n'y a qu'en Angleterre que l'on vit les juges d'un avis contraire, on ne sait trop pourquoi. La question vient encore récemment d'être jugée par un tribunal de savants dont personne ne contestera la haute impartialité. Nous voulons parler du conseil de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale. Dans sa séance d'assemblée générale du 11 décembre 1890, elle a décerné une médaille d'or à M. Beau de Rochas pour les progrès que ses idées ont permis de faire faire aux moteurs à gaz et en particulier pour l'invention du cycle à quatre temps.

En dehors du moteur Otto, il y avait encore à l'Exposition de 1878 : le moteur Bischopp, exposé par MM. Mignon et Rouart; les moteurs de Lenoir, Hugon, Gilles, Brayton, Simon de Nottingham, Ravel, qui exposait un moteur à centre de gravité variable différent de celui que nous avons vu en 1889. Les anciens types déjà exposés étaient un peu perfectionnés, les autres présentaient quelque originalité, mais il ressortait avec évidence de la comparaison que le véritable moteur industriel était celui d'Otto.

Les moteurs actuels sont peu différents de ceux-là, sauf des détails de distribution, de régulation, etc. M. Gustave Richard, l'éminent spécialiste, les classe en deux grandes catégories :

1re classe. — Moteurs à explosion sans compression préalable : ce sont les types Lenoir, Hugon, Bisschopp, Otto et Langen, Gilles.

2e classe. — Moteurs à explosion ou combustion avec compression préalable; savoir : Otto, Brayton, Simon, etc.

Une des applications les plus fréquentes des moteurs à gaz est la production de force pour l'éclairage électrique. Il est même préférable de remplacer l'éclairage direct au gaz par des lampes électriques actionnées par une dynamo et un moteur à gaz. Si singulier que cela paraisse, cela a été nettement établi par M. Witz, d'après des expériences personnelles qu'il a faites à Lille. Il a parfaitement démontré qu'au lieu de brûler directement le gaz, on a avantage à interposer un moteur, une dynamo, des circuits, etc.; bref, toute une série de résistances et de transformations. Le rendement en lumière est encore supérieur et on dépense 17 0/0 de gaz de moins qu'en l'envoyant directement aux becs. Cela tient à ce

que le gaz a un rendement plus considérable en chaleur qu'en lumière, tandis que c'est le contraire pour l'électricité.

Les moteurs à gaz actuels se distinguent surtout des anciennes machines à combustion par une utilisation plus complète du mélange explosif, et, des machines à explosion, par la suppression complète du bruit et des secousses imprimées à l'appareil. Le mémoire donne, d'après M. Wehrlin, un tableau rationnel et complet des appareils exposés en 1889.

L'auteur y a adjoint les moteurs à pétrole, qui sont des annexes naturelles des moteurs à gaz.

En 1878, la force moyenne des moteurs exposés était de 1 cheval ; on ne dépassait pas 6 à 8 chevaux ; en 1889, la force moyenne était de 6 chevaux, et l'on voyait des moteurs atteignant 50 et même 100 chevaux, exposés par la Compagnie Otto dans le Palais. A la vérité, ce n'étaient que des accouplements de deux ou quatre cylindres de 25 chevaux.

Mais on en rencontrait également un de 100 chevaux dans les annexes de la classe 52, sur la berge de la Seine. Celui-là était à un seul cylindre, du système Simplex de MM. Delamare-Boutteville et Malandin.

Ces monstres ne sont admissibles que si l'on a à sa disposition du gaz moins coûteux que celui de Paris. Aussi la maison Powell, qui exposait ce moteur, y avait-elle annexé un gazogène fabriquant du gaz pauvre d'après le système de notre distingué collègue, M. Lencauchez.

De toutes façons, ces gros moteurs ne sont pas à encourager ; au delà de 25 à 50 chevaux, la machine à vapeur devient nettement préférable.

M. Auguste Moreau n'a pas l'intention, pour aujourd'hui, de décrire tous les appareils exposés en 1889, quoique presque tous présentent quelque particularité intéressante. Il se bornera à exposer le moteur Niel, pour deux raisons : d'abord, parce que c'est un de ceux qui présentent des progrès véritablement marqués et fort intéressants ; en second lieu, parce que les circonstances l'ont amené à faire sur ce moteur des expériences personnelles très complètes, ce qui lui permettra de donner, au point de vue de la consommation et du rendement, des chiffres qu'il peut absolument garantir.

Le moteur Niel emploie le cycle à quatre temps. La compression se fait dans le cylindre même où se produit le travail, avec une explosion tous les deux tours de volant. Ce système présente l'avantage d'une consommation moindre : c'est pour cela qu'il est généralement adopté aujourd'hui.

Il est à un seul cylindre fermé à l'extrémité où se trouve la chambre de compression ; de l'autre côté, une bielle qui va directement se caler sans glissières sur le vilebrequin d'un arbre coudé, met en mouvement cet arbre qui porte un volant latéral. Deux engrenages héliçoïdaux de même diamètre réduisent néanmoins le mouvement de moitié, au moyen d'un procédé particulier et très élégant employé dans l'inclinaison des dents.

L'arbre distributeur fait ainsi un tour quand le premier en fait deux, ce qui est indispensable pour la distribution. Cette disposition permet en outre de rapprocher de l'axe de la machine les éléments qui sont gé-

néralement rejetés et excentrés sur les côtés ; on peut ainsi caler sur l'arbre deux volants symétriques, ce qui est très important au point de vue de la régularité de la marche, quand on emploie ces moteurs à faire de la lumière électrique. Dans la plupart des autres moteurs, cette symétrie n'existe pas.

Ce petit arbre secondaire actionne le distributeur qui est ici conique et donne cependant de bons résultats. Le gaz et l'air arrivent chacun par un tuyau spécial, le gaz traversant une série de petits trous d'un diffuseur avant de se mélanger à l'air ; ils sont d'abord aspirés par le piston dans sa première course. M. Niel, dans l'intention de réduire les chocs, ne fait l'admission que pendant les deux tiers de la course du piston : il en résulte évidemment un rendement un peu inférieur par suite de la réduction de la compression, mais aussi une douceur exceptionnelle de marche.

M. Aug. Moreau fait alors au tableau le croquis du diagramme de ce moteur.

La pression à fond de course est généralement de 3,5 *k* lorsque a lieu l'allumage et l'explosion ; cette pression passe alors brusquement de 3,5 *k* à 12 ou 15 *k;* le piston est projeté en avant, les gaz se détendent et la soupape d'échappement est ouverte à la pression intérieure de 2,5 *k*, ce qui provoque une chute brusque de la courbe du diagramme.

Les frottements rendent illusoire l'utilisation du reste du diagramme.

Dans ce moteur, comme dans presque tous les moteurs à gaz, il est indispensable de rafraichir les parois du cylindre afin de permettre le graissage intérieur ; cela s'obtient généralement, soit par une circulation d'eau, soit au moyen d'ailettes refroidissantes. Ce rafraichissement a lieu dans le moteur Niel au moyen d'une circulation d'eau, moyen bien préférable aux ailettes.

M. Aug. Moreau ne décrira pas en détail toutes les pièces du moteur Niel, attendu que cette description a déjà été faite dans la plupart des revues industrielles ou techniques. Il se contentera de signaler les organes particulièrement intéressants et originaux qu'il présente. Tel est par exemple le distributeur. Les distributeurs, dans les moteurs à gaz, ont un rôle très important. Ce sont généralement des tiroirs plans ou des soupapes. Il y a, dans les deux cas, un mode de distribution imparfait, que M. Niel a cherché à améliorer par l'emploi du distributeur à clef conique. Ce distributeur est emmanché au bout de l'arbre de distribution au moyen d'un tenon ménagé sur l'arbre et d'une mortaise réservée dans la clef. L'extrémité du tenon et le fond de la mortaise sont terminés par des plans inclinés. De cette façon, on peut confier l'appareil à des mains inexpérimentées, sans crainte de voir placer la clef à l'envers. Cette clef conique se meut circulairement, en même temps que l'arbre, dans un boisseau qui présente, à la partie inférieure, un conduit venant du diffuseur, et de l'autre côté une ouverture donnant sur le cylindre. Les deux sont réunis au moment de l'introduction par un canal en S ménagé dans la clef.

On sait que le principal inconvénient de ces clefs coniques est le manque d'étanchéité, et si on les serre pour obtenir celle-ci, on a des grippements et un graissage difficile. M. Niel a résolu la difficulté en calant simplement sa clef contre une vis de butée fixe par l'entremise d'un

diaphragme métallique très mince dont l'élasticité lui laisse toute la liberté nécessaire pour permettre un bon graissage quand la pression est peu élevée dans le cylindre. A un moment donné, le brûleur vient allumer le mélange, il y a explosion et une très forte pression se produit à l'intérieur. C'est surtout à ce moment qu'il est intéressant d'avoir une clef bien étanche en même temps que bien graissée. Pour cela, on a ménagé dans l'axe de cette clef un petit canal qui, au moment de l'explosion, communique avec l'intérieur du cylindre et avec une chambre ménagée dans la tête de la clef. La pression de l'explosion se fait alors sentir par l'intermédiaire du diaphragme sur la grande base de la clef conique, et l'étanchéité est aussi satisfaisante que possible. Cette étanchéité est même ainsi d'autant meilleure que la pression intérieure est plus forte. Lorsque la pression est faible, la clef joue à son aise dans son boisseau et on en profite pour graisser en envoyant de l'huile à la partie la plus étroite du distributeur; la force centrifuge la fait monter d'elle-même jusqu'à la partie la plus large.

Le brûleur du moteur Niel se compose d'un tube en fer creux, fermé à sa partie supérieure, qui est porté au rouge par un chalumeau à gaz ordinaire; au moment voulu, le distributeur fait communiquer l'intérieur du cylindre avec l'intérieur du tube porté au rouge, et l'allumage se fait d'une façon absolument sûre, on peut dire qu'il n'y a jamais de raté.

Mais l'appareil le plus ingénieux et le plus élégant du moteur Niel est le régulateur.

L'arbre de distribution fait tourner un excentrique terminé par un bras vertical articulé au milieu d'un levier horizontal. Ce dernier est lui-même articulé à l'une de ses extrémités en un point fixe autour duquel il peut basculer. A l'autre, il porte, également articulée, à mouvement libre, une étoile à trois branches : l'une de ces branches, celle de gauche par exemple, vient buter d'une façon fixe contre la pointe d'une vis qu'on peut régler à la main et qui permet de modifier à volonté la vitesse du moteur. Une seconde de ces branches, celle de droite, porte une lame de ressort munie à l'autre extrémité d'un petit contrepoids; enfin, la troisième qui est verticale est munie d'une tige descendante qui vient buter sur un loquet à talon actionnant la soupape d'admission. Lorsqu'il y a marche normale et admission, le ressort précédent, dont le petit pendule vient buter contre un obstacle fixe, est alors arrêté à ses deux extrémités dans le mouvement ascensionnel de l'excentrique. Il prend donc en son milieu une courbure proportionnelle à la vitesse du moteur et au choc de ses deux extrémités, étoile et poids, contre leurs appuis.

A la descente, cette flexion se détruit, le ressort se détend, et la tige verticale tombe sur le loquet à talon, faisant ouvrir la soupape d'admission. Mais, si le mouvement vient à s'accélérer, le ressort n'a pas le temps de se détendre et la tige actionnant la soupape reste oblique dans l'espace. Lorsque l'excentrique descend, cette tige échappe donc le loquet à talon et il n'y a pas d'admission; le mouvement ralentit alors jusqu'à ce que la tige de l'étoile soit ramenée par le ressort dans une position

assez verticale pour toucher le loquet et ouvrir la soupape ; et il y a alors de nouveau admission, et ainsi de suite.

La sensibilité de ce régulateur est telle qu'il permet de faire varier l'allure du moteur, d'un instant à l'autre, du simple au double. Un moteur de quatre chevaux qui tourne normalement à 160 tours à la minute peut aisément passer ainsi de 100 tours à 200 tours à vide. En charge, les limites sont presque les mêmes, 112 et 196 tours. Il suffit pour cela de modifier un peu la tension du ressort en tournant légèrement la vis de butée citée plus haut. On objectera qu'à la longue ce ressort doit se fatiguer et ne plus fonctionner aussi bien. Cela doit arriver, en effet; mais, outre qu'on manœuvre la vis ci-dessus pour lui donner la tension nécessaire, il est des plus faciles à changer, son prix n'étant que de 1,25 *f*. C'est surtout ce régulateur et l'excellente disposition des volants qui permettent l'application si heureuse de ce moteur à la production de la lumière électrique ; les lampes à incandescence sont d'une fixité remarquable, ce qui est rare et difficile à obtenir, surtout avec le moteur à gaz de petite force. On peut supprimer une partie des lampes sans troubler l'allure de celles qui restent et sans risquer de les brûler. De plus, la consommation du gaz est proportionnelle au nombre de ces dernières qui continuent à brûler.

M. Aug. Moreau signale enfin un dernier appareil assez intéressant : le graisseur, qui permet un graissage constant, quel que soit le niveau de l'huile dans le godet, ce qui est fort important.

M. Aug. Moreau termine en donnant les résultats des essais et des expériences qu'il a été appelé à faire sur un moteur de 4 *ch* nominaux de ce type.

Ces essais ont été faits dans des conditions que l'on rencontre rarement dans l'industrie, grâce à la bienveillance de M. le professeur Bayle, de l'École municipale de Physique et de Chimie. Ce savant avait bien voulu prêter son laboratoire et surtout son excellent préparateur, M. Féry, dont le concours a été extrêmement précieux dans cette circonstance.

Tous les appareils de jauge et de mesure employés étaient des instruments de haute précision, servant d'ordinaire à l'enseignement des élèves et comme on a peu de chance d'en trouver dans les usines. La température d'échappement des gaz brûlés était mesurée par une pile thermo-électrique de M. Le Chatelier, avec galvanomètre et amplificateur lumineux.

Le travail indiqué a été mesuré très fréquemment à l'indicateur, et le travail effectif au moyen du frein à corde, qui est bien plus pratique que le frein de Prony lorsqu'on veut faire des expériences de longue durée. Les essais, qui ont duré douze heures en trois séances différentes, ont tous été d'une heure au moins. Enfin, on notait encore avec soin la pression barométrique. Les essais ont varié depuis 1 *ch* jusqu'à 6 *ch* nominaux, et les résultats en sont résumés dans le petit tableau suivant pour la marche nominale à 4 *ch* au frein :

Nombre de tours par minute	160
Pression de compression	3,5 à 3,6 *k*.
— d'explosion	12 à 14 *k*.

Consommation de gaz par cheval-heure à 0° pression 760	800 à 850 *l.*
— du brûleur à l'heure.	180 à 200 *l.*
— d'eau à l'heure.	80 à 100 *l.*
Température d'entrée de l'eau.	3°
— de sortie	65 à 85°
— d'échappement des gaz.	350 à 400°
Consommation d'huile à l'heure	46 à 50 *gr.*
Minimum de tours à vide.	100
Maximum —	200
Minimum de tours en charge.	112
Maximum —	196
Rendement mécanique	75 à 80 0/0.

On voit que ces résultats, absolument authentiques, sans rien présenter de particulièrement admirable comme l'annoncent tant de prospectus, sont tout à fait satisfaisants et classent ce moteur dans la meilleure catégorie de ce genre de machines.

Et cela d'autant plus que le moteur essayé, le premier construit de ce type, n'était pas d'une fabrication irréprochable; ainsi, le volant était manifestement gauche sur l'arbre, et il en résultait nécessairement des pertes de travail et de rendement.

En résumé, le moteur Niel est ramassé, fait peu de bruit; la disposition symétrique des organes le rend éminemment propre à une marche régulière et à la production de la lumière électrique. La distribution, l'allumage, la régulation, le graissage sont faits d'une manière à la fois très simple, très sûre et très élégante; tous les appareils sont facilement accessibles et démontables et la consommation de gaz, d'huile et d'eau est analogue ou inférieure à celle des meilleurs moteurs connus. Cet appareil constitue donc en somme un des plus intéressants et des plus pratiques parmi tous ceux que présentait l'Exposition universelle de 1889.

M. le Président remercie M. Aug. Moreau de son intéressante communication et annonce que M. A. Lencauchez fera, à la séance du 16 octobre, une communication sur un sujet analogue. Ceux de nos collègues que la question intéresse pourront prendre part à la discussion qui suivra.

M. le Président dit que l'ordre du jour appelle la suite de la discussion de la communication de M. Bouquet de la Grye sur *Paris Port de Mer*. M. Bouquet de la Grye avait demandé de mettre cette discussion à la séance du 2 octobre, mais il est forcé de s'absenter.

La parole est à M. Molinos.

M. L. Molinos. — Quoique l'heure soit déjà avancée, je vous demanderai la permission de présenter quelques observations sur ce projet dont la discussion a déjà été entamée dans les séances précédentes. Je ferai tous mes efforts pour être bref, bien que les objections soient très nombreuses. M. Badois, dans un excellent travail, s'est arrêté spécialement sur les objections techniques, et le côté industriel et financier de la question a été traité par plusieurs membres de la Société.

Je me bornerai donc à appeler votre attention sur quelques points qui me paraissent particulièrement importants.

Obligé de me limiter, j'ajouterai peu de chose sur la question technique. M. Badois a très bien expliqué les conséquences que pourraient

avoir l'abaissement du plan d'eau et le dragage du fond de la Seine ; ces travaux exerceront une influence sur le régime hydrographique des régions riveraines ; un assèchement peut se produire : je crois que le fait est à peu près incontestable et qu'on ne peut discuter que sur son importance. Je sais bien que M. Bouquet de la Grye a apporté l'opinion de soixante maires qui déclarent qu'il n'y a rien à redouter de ce fait ; mais, je ne crois pas manquer de respect à ces honorables magistrats en disant que leur compétence en pareille matière me paraît plus que discutable.

On a signalé les inconvénients que présenterait la coupure des ponts de Rouen. M. Bouquet de la Grye répond que le régime maritime de la Seine remontant jusqu'à Elbeuf, Rouen ne peut que se soumettre. J'avoue que cette conclusion révolte tous mes sentiments d'équité. Le jour où l'État a lui-même établi des ponts fixes à Rouen — et le premier date de bien loin — il a lui-même déterminé les limites du régime maritime. Un faubourg industriel considérable s'est développé par suite, comptant sur des communications faciles avec Rouen. L'Etat ne peut, à mon avis, modifier cet état de choses au grand détriment de Saint-Sever et de Rouen sans indemnité. J'admets parfaitement que l'intérêt général doit primer l'intérêt privé, mais à condition d'équitables compensations, sans quoi il n'y aurait plus de sécurité pour personne.

Si je considère comme impossible la coupure des ponts de Rouen sur lesquels, à certaines heures, le mouvement des voitures atteint le chiffre de 600 colliers par heure, je considère en outre que la coupure des ponts de la Seine depuis Paris jusqu'à Rouen créerait un état de choses absolument intolérable. Mettez-vous un instant à la place des populations qui auront à en souffrir. Supposez qu'habitant la rive droite de la Seine vous allez prendre un train à une station de la rive gauche, vous trouvez le pont coupé, vous perdez un quart d'heure et vous manquez le train. Vous serez exaspérés. Remarquez qu'il s'agit d'un obstacle dont vous ne pouvez tenir compte dans vos prévisions, n'en connaissant ni l'heure ni la durée. Soyez certains que des protestations unanimes exigeraient bien vite une autre solution.

J'ajouterai que les Anglais, au canal de Manchester, qui n'a que 54 *km* de longueur, ont repoussé les coupures et ont exigé des ponts en dessus.

J'aurais encore bien à dire sur les traversées du chenal actuel de la Seine par le futur canal, traversées qui seront comblées à chaque crue, mais je ne m'arrête pas plus longtemps aux questions techniques et j'ai hâte d'arriver aux objections économiques, de beaucoup les plus importantes.

On a discuté, dans la dernière séance, la question de savoir si l'emploi de navires de mer serait plus économique ou moins économique que le bateau de rivière pour le transport des marchandises de Rouen à Paris.

M. Bouquet de la Grye croit que l'avantage sera au navire de mer. Je dis, au contraire, que l'avantage sera de beaucoup en faveur du bateau de rivière, et la question est, à mes yeux, tellement évidente qu'avec un peu de réflexion, tout le monde me paraît devoir se ranger à mon opinion. Comparez, en effet, les conditions dans lesquelles s'effectuera le transport de 1 000 *t* de Rouen à Paris dans un navire de mer ou dans un chaland de rivière de même tonnage.

Le navire de mer sur lequel raisonne M. Bouquet de la Grye est un navire de 1 000 *t* qui coûte 350 000 *f*. Il a 18 ou 20 hommes d'équipage, une machine puissante qu'il ne peut utiliser, parce qu'il ne peut pas marcher vite ; sa vitesse sera limitée à 10 *km* à l'heure, comme au canal de Suez. L'intérêt et l'amortissement du capital représenté par ce bateau, comptés suivant l'usage à 10 0/0, représentent 35 000 *f* par an, ou environ 100 *f* par jour.

La dépense de l'équipage représente au moins 100 *f*, soit ensemble 200 *f* par jour.

Le chaland de rivière coûte 50 000 *f* ; l'intérêt et l'amortissement à 10 0/0 représentent 15 *f* par jour; il a deux hommes d'équipage qui coûtent 10 *f*; la dépense journalière sera de 25 *f*. Le bateau de mer mettra deux jours pour venir à Paris; je reviendrai tout à l'heure sur ce point. Le bateau de rivière mettra quatre jours, parce qu'il marche à 5 *km* à l'heure. Par conséquent, d'un côté, les frais représentent par voyage 400 *f* et, de l'autre, 100 *f*. Donc, il y a un avantage énorme en faveur du bateau de rivière, à ce point de vue.

Il reste à comparer les dépenses de traction.

Pour remonter, le bateau de mer emploiera sa machine ; le bateau chaland s'attellera à un remorqueur de 150 à 200 chevaux, qui peut remorquer simultanément trois ou quatre chalands, suivant l'état des eaux, de sorte qu'il ne supporte que le tiers ou le quart de la dépense.

Qu'est-ce qui coûte le plus de la dépense de la machine du steamer ou du tiers de la dépense du remorqueur? Nous pourrions discuter là-dessus longtemps, trouvant, les uns, quelques dizaines de francs en faveur du steamer, et les autres, la même différence en faveur du chaland. Mais, quelles qu'elles soient, ces différences seront couvertes par l'avantage écrasant des deux premiers items en faveur du chaland. Il me semble que l'opinion que je défends est ce que les Anglais appellent un véritable *truism*. Cela revient à dire, en effet : Quand vous pouvez remonter 1 000 *t* dans une rivière avec un chaland qui coûte 50 000 *f* et deux hommes d'équipage, n'employez donc pas un navire de 350 000 *f* et dix-huit à vingt hommes. Employez le navire en mer et le chaland en rivière !

J'ai dit que le steamer mettrait deux jours à remonter de Rouen à Paris. Ma conviction est qu'il mettra *en moyenne* beaucoup plus que cela. En effet, en marchant jour et nuit, le passage de l'isthme de Suez se fait en vingt heures, ce qui correspondrait, à cause des différences de longueur, à vingt-six heures de Rouen à Paris. Mais, sur le canal projeté, le navire aura, en outre, à passer quatre écluses, trente-deux ponts tournants, et, en plus des garages obligés par la rencontre des navires de mer, il aura aussi à se garer à la rencontre des trains de bateaux de rivière. De Conflans à Paris, il rencontrera en moyenne dix de ces trains montant ou descendant. Ajoutez que le climat de l'isthme est le plus beau du monde, tandis que, de novembre à mars, la navigation de la Seine est entravée par des brouillards qui sont presque la règle la nuit, très fréquents le matin, les hautes eaux, les glaces, etc.

Ajouter vingt-deux heures en moyenne pour toutes ces causes de pertes de temps, c'est, pour tout esprit non prévenu, rester de beau-

coup en dessous de la vérité. En outre, tous ces aléas sont contre le navire de mer, dont un jour de retard coûte 200 *f*, tandis que, pour le chaland, il ne coûte que 25 *f*. Quelle énorme différence !

Je ne fais que passer sur les objections qui ont été faites, et très bien faites, sur l'accroissement de trafic qu'on espère de la création du canal.

On a dit : Le port de Clichy ne satisfait nullement aux besoins de Paris. En effet, vous savez très bien que Paris n'est pas un port comme Anvers ou Marseille, c'est-à-dire un port recevant des marchandises de l'étranger dans des bassins qui peuvent être concentrés en un seul lieu, parce que, à l'aide de voies ferrées, ces marchandises sont destinées à être réexpédiées au loin. Paris est un port de consommation, et son champ de consommation est très étendu ; chacun des ports situés dans l'intérieur de Paris, depuis le port de Grenelle jusqu'au Port-à-l'Anglais, en passant par les ports Saint-Nicolas, d'Ivry, de Bercy, l'Entrepôt de vins, etc., a un grand mouvement ; le bassin de la Villette absorbe à lui seul 1 400 000 *t*. La batellerie se charge de cette répartition, tandis qu'au port de Clichy on a fait remarquer qu'il y aurait une question de camionnage écrasante. Je citerai un exemple personnel. Nous avons une usine à Grenelle, où nous faisons venir des Landes 10 000 m^3 de bois par an, ordinairement par la Compagnie d'Orléans. Cette année, nous faisons venir ce bois par eau, parce que le bateau amène le bois à notre porte. Nous avons à peu près le même prix de transport ; mais le camionnage de la gare d'Ivry chez nous coûtant 3,25 *f*, si avec le bateau nous perdons les avantages du transport par chemin de fer, sa rapidité, son exactitude, etc., nous faisons l'économie du camionnage.

Si, par conséquent, on nous offrait de nous livrer ces bois au port de Clichy, nous reviendrions immédiatement au chemin de fer.

On voit donc que le futur canal, s'il s'exécutait, ne pourrait en réalité percevoir la moindre taxe : le navire de mer n'offrant aucun avantage sur le bateau de rivière, la concentration au port de Clichy présentant un désavantage considérable, par rapport à l'état actuel des choses, la moindre taxe constituerait en faveur de la batellerie un avantage écrasant.

J'arrive enfin, Messieurs, à la question la plus importante que je signale à toute votre attention, parce qu'elle n'a pas encore été nettement formulée. C'est la plus grave objection, objection décisive à mon avis, contre le projet tel qu'il se présente à votre jugement. Je veux parler du désaccord qui existe entre les données mêmes du projet et les espérances de trafic qu'il est nécessaire de réaliser pour que la combinaison financière reste debout.

D'après les évaluations des Ingénieurs en chef de la Seine, il faudrait au moins 250 millions pour réaliser le projet. D'après M. Bouquet de la Grye, il suffira de 150 millions. Adoptons cette dernière évaluation. Pour desservir 150 millions, il faut, à 6 0/0 (encore est-ce une perspective insuffisante, en moyenne actions et obligations, pour engager les capitaux dans une entreprise si aléatoire), il faut, dis-je, 9 millions. Les frais d'exploitation sont évalués à 2 millions et demi : c'est donc un revenu total à réaliser de 11 millions et demi. J'ai démontré qu'il était impossible de percevoir une taxe quelconque. Mais mettons-nous pour un instant au point de vue des auteurs du projet et supposons qu'il soit

possible d'établir une perception de 3 *f* par tonne. Il faudra donc environ 4 millions de tonnes pour produire le revenu nécessaire. Or, actuellement, le trafic maritime de la Seine allant de la mer à Paris est de 900 000 *t* et de Paris à la mer 230 000 *t*, ensemble 1 130 000 *t*. sur lesquelles il y a à peu près 20 0/0 qui vont forcément au Havre, et qui n'en pourront être détournés parce que c'est le trafic de navires qui ne touchent qu'à ce port. Ce chiffre contient, en outre, des expéditions de ports situés au delà de Paris qui, chargées sur des bateaux fluviaux, continueront évidemment jusqu'à Rouen et au Havre. Il y a enfin le trafic propre des ports de Rouen et du Havre pour Paris et *vice versa* qui entre dans ce total pour une certaine proportion. En sorte que le trafic maritime total sur lequel le canal entrerait en concurrence avec la batellerie ne dépasse pas aujourd'hui 7 ou 800 000 *t*.

Comment ce trafic pourra-t-il être quintuplé, par quelle étonnante révolution industrielle ? C'est ce que je ne me charge pas de vous faire entrevoir, mon intelligence étant sans doute trop bornée pour accepter des conceptions qui me paraissent appartenir au domaine du pur roman. Mais admettons, et retenons seulement ceci : pour que l'opération industrielle puisse vivre, il faut, en supposant que les évaluations de M. Bouquet de la Grye ne soient pas dépassées, un trafic de 4 millions de tonnes. Qu'est-ce que ce trafic, Messieurs? C'est celui d'un des grands ports du monde; c'est supérieur au trafic d'Anvers, c'est le trafic de Marseille : par conséquent, *pour que le canal soit exploitable, il faut établir à Clichy un port d'une importance égale à celui de Marseille, et tant qu'on n'arrivera pas à ce trafic de 4 millions de tonnes, la Compagnie sera en déficit.*

Or, un port ne peut atteindre une pareille importance sans être en mesure de recevoir tous les échantillons usuels de navires de mer. C'est une vérité élémentaire et bien connue de tous ceux qui ont pratiqué les affrètements, c'est toujours le gros navire qui peut offrir le fret à meilleur marché. S'il ne peut venir à Clichy, on ira le prendre au Havre. En un mot, ni Marseille ni Anvers ne seraient ce qu'ils sont s'ils ne pouvaient admettre tous les échantillons de navires.

Quels sont ces échantillons en usage pour la grande navigation qui peut seule produire le trafic énorme des 4 millions de tonnes?

Je prends la statistique du canal de Suez, qu'on peut considérer comme la grande voie du monde, c'est par là que passent tous les navires. Elle nous donnera donc une moyenne des tonnages et des tirants d'eau. Dans cette semaine du mois de septembre que j'ai sous les yeux, il est passé 394 navires sur lesquels 80 navires ont un tirant d'eau supérieur à 7 *m* environ, 300 un tirant d'eau inférieur à 7 *m*, mais 200 environ supérieur à 6,50 *m*.

Le canal de M. Bouquet de la Grye a une profondeur de 6,50 *m* ; on peut donc dire que près des trois quarts et certainement plus de la moitié des navires passant au canal de Suez ne pourraient pas pratiquer le canal projeté. Et, en effet, Messieurs, on ne peut plus faire un grand port avec un tirant d'eau inférieur à 8 *m*. Espérer obtenir ces trafics de 4 millions de tonnes avec un tirant d'eau moindre, c'est se mettre en contradiction flagrante avec tous les faits, avec tous les progrès de la navigation, avec toutes ses tendances.

Vous voyez donc que je suis bien fondé à conclure qu'il y a désaccord absolu entre les données du projet et les exigences du trafic qu'il faut absolument réaliser sous peine de ruine pour l'entreprise. Il faudrait que M. Bouquet de la Grye reprit le projet et refît ses évaluations, avec une profondeur de 8 *m.*: il est vrai qu'il trouverait alors que ce n'est plus 4 millions de tonnes qui sont nécessaires pour le service du capital, mais peut-être 10 millions!

Quant à l'évaluation de 150 millions pour les dépenses totales du projet actuel, vous savez que le Conseil général des Ponts et Chaussées a déclaré qu'il était absolument impossible que le projet coûtât moins de 250 millions, et encore avec une évaluation très basse. Vous savez que les travaux de ce genre sont des plus aléatoires.

Le canal de Manchester qui n'a que 54 *km* de longueur, avait été évalué à 6 000 000 de livres, c'est-à-dire à 150 millions, puis on a pensé qu'on dépenserait 200 millions; en ce moment, on en est à se demander si 13 millions de livres, c'est-à-dire 325 millions, suffiront à l'achèvement.

Nous avons dit qu'il faut établir à Clichy des bassins et des installations égaux à ceux de Marseille; il faut, en effet, un outillage parfait, de vastes quais et bassins, car si on fait perdre du temps aux navires, vous avez vu quelle est la charge des surestaries par rapport à celles de la batellerie. Or, quand on aura prélevé sur le devis de 150 millions la dépense d'un port égal à celui de Marseille, que restera-t-il pour exécuter le canal?

Messieurs, ce qu'il est important de démontrer, et je crois que vous trouverez ma conclusion justifiée par les observations que j'ai essayé de résumer devant vous, c'est qu'il est absolument impossible qu'une Compagnie privée exécute le canal projeté, ou qu'elle est ruinée d'avance. Ce sera une nouvelle catastrophe financière ajoutée à tant d'autres. Le danger est que l'affaire se présente sous le patronage de noms des plus respectables et que l'étiquette en est séduisante: Paris Port de Mer! C'est le désideratum des Parisiens. Il n'est pas agréable d'avoir à combattre un projet de ce genre. Mais je considère que nous remplissons un devoir en disant nettement notre opinion qui peut éclairer le public.

M. Bouquet de la Grye reprochait à M. Badois d'avoir, à propos de son projet, rappelé l'affaire de Panama. Mais c'est l'honneur de la Société de discuter ces questions si importantes et d'avoir toujours vu juste lorsque tant d'autres se sont égarés. Au commencement de l'entreprise du canal de Panama, M. de Lesseps, pour lequel nous avons tous tant de vénération, a exposé devant vous son projet, et c'est ici, et ici seulement, qu'il a trouvé des avertissements qu'il n'a malheureusement pas écoutés. Lorsque le plan Freycinet est venu au jour, c'est ici qu'on a prédit qu'il ne coûterait pas 3 milliards comme on l'annonçait alors, mais 6 ou 7 milliards, et je réclame personnellement l'honneur d'avoir porté cette opinion, qui était aussi celle de nos plus éminents collègues, au sein de la Commission des chemins de fer instituée par le Ministre des Travaux publics d'alors, où j'ai d'ailleurs été seul à la défendre.

M. Bouquet de la Grye ne nous saura peut-être pas gré de ces critiques, et pourtant j'ai la conscience, en les produisant, de lui rendre service.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Molinos de sa communication très intéressante.

Il annonce que M. J. de Coëne a adressé sur la question différents renseignements qu'on peut ainsi résumer :

M. J. de COENE partage l'avis de M. Bouquet de la Grye sur la nécessité, pour lutter avec l'étranger, de confier à l'industrie privée la construction et l'exploitation des ports : c'est donc heureux, à ce point de vue, que l'Etat ait mis à l'enquête le projet de Paris port de mer.

Mais M. de Coëne ne croit pas avec M. Bouquet de la Grye qu'il faille, pour avoir une marine nationale suffisante, construire à Paris un nouveau port. Pour cela il faut seulement améliorer nos ports existants.

Le projet présenté soulève trois sortes d'objections :

1° Impraticabilité.

Il faudrait comme à Suez, Manchester, Rotterdam, Londres et la Palice, un tirant d'eau sur le seuil des écluses et dans le chenal de 8,60 *m* et 8 *m*; que la hauteur libre sous les ponts soit non de 22,50 *m* mais de 42 *m* ; qu'à l'arrivée existât un grand port.

La dépense serait alors de 6 ou 700 millions.

2° Les taxes proposées par M. Bouquet de la Grye sont inapplicables.

La loi organique sur la marine a dit que les taxes à l'entrée ne pouvaient pas excéder 2,50 *f* par tonneau de jauge. Elles sont perçues à l'entrée et jamais à la sortie.

Des taxes de 3 *f* à l'entrée et 3 *f* à la sortie sont donc contraires à la loi. Les taxes à la sortie seraient la ruine du commerce et de l'industrie d'exportation.

3° Les règles qui régissent les frets et la concurrence des ports diffèrent de ce que suppose M. Bouquet de la Grye.

La supériorité du port d'Anvers est due, non pas à sa distance de Strasbourg par exemple, mais bien au nombre considérable de départs mensuels (350) qui existent pour tous les ports du monde.

Il vaudrait mieux dépenser 700 millions à l'augmentation de notre marine nationale et au développement des services réguliers.

Comme M. Edmond Roy l'a dit, M. Bouquet de la Grye a commis des erreurs graves. Les prix du fret d'Anvers, de Liverpool et du Havre pour le blé sont actuellement 19, 21 et 22 *f* et non 5,60 *f*.

Paris port de mer ne procurerait donc pas une économie de 50 0/0 sur le fret comme le canal de Suez, ni même de 5 à 6 *f* sur le fret de Liverpool, comme le canal de Manchester.

La Seine canalisée avec un tirant de 3,20 *m* a assuré depuis trois ans cette diminution de 50 0/0.

Le port de Paris n'amènerait donc aucune économie et risquerait de ruiner nos ports existants, de Bayonne à Dunkerque.

M. L. VAUTHIER, dont arrive le tour de parole, interrogé par M. le Président sur le point de savoir s'il sera long, déclare qu'il fera tout son possible pour être court, mais qu'il a beaucoup à dire ; il a étudié la question sous quelques aspects nouveaux ; il doute de pouvoir réussir à condenser assez sa pensée pour être très bref sans cesser d'être clair, et craint d'imposer une longue attention à l'assemblée.

M. Vauthier ajoute qu'il ne peut dissimuler que l'absence de M. Bou-

quet de la Grye lui cause un vif désappointement. Ce n'est sans doute pas la personne de l'honorable auteur du projet qu'il attaque ; ce sont ses idées qu'il discute. Mais on aime bien avoir en face de soi un contradicteur. Il pense que cette impression sera aussi celle de l'assemblée ; qu'à l'heure tardive où l'on est arrivé, l'auditoire, non retenu par la curiosité de connaître les répliques que pourrait opposer M. Bouquet de la Grye à ses objections, se lassera promptement, et qu'il court le risque de parler devant des banquettes vides.

Ces observations faites, M. Vauthier se met néanmoins aux ordres de l'assemblée, tenant à montrer qu'il ne fuit pas le débat ni ne tente de l'ajourner.

M. le Président, après avoir consulté l'assemblée, déclare que la discussion est remise à la séance du 6 novembre, et que c'est par elle qu'on commencera.

La séance est levée à dix heures trois quarts.

Séance du 16 Octobre 1891.

Présidence de M. E. Polonceau.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. le Président a le regret d'annoncer le décès de MM. E. Salleron, A. Bernard et P. Moncharmont.

Il annonce que M. G. Canet a été nommé chevalier du Danebrog (Danemark) et que MM. F. Reymond, A. Gottschalk et E. Pontzen ont été nommés membres du Comité technique d'exploitation des chemins de fer.

M. le Président signale un ouvrage de notre collègue M. A. Chélu sur *le Nil, le Soudan et l'Egypte;* cet ouvrage fort intéressant et qui renferme des documents inédits et très importants, nous a été remis par la maison Chaix. Il en sera rendu compte dans la chronique d'octobre.

Il est donné lecture d'une lettre de M. Ch. Lucas, indiquant les vœux émis par le Congrès international de la Propriété littéraire et artistique, tenu à Neuchâtel (Suisse) du 26 septembre dernier au 3 octobre, vœux qui intéressent les Ingénieurs comme écrivains et aussi comme architectes.

M. le Président annonce que M. Aug. Normand, auquel devait être remise la médaille d'or du Prix Annuel, pour son mémoire sur les machines à vapeur, n'a pu assister à la séance ; puis il remet à MM. L. Durant et A. Lencauchez la médaille d'or du Prix Nozo qui leur a été décernée ; c'est la récompense, dit M. le Président, de leur mérite et de leurs travaux sur *la produotion et l'emploi de la vapeur comme force motrice dans les locomotives.*

M. Edmond Coignet dit qu'il a déjà eu l'honneur, à propos d'un projet de pont en béton aggloméré, d'entretenir la Société d'une *nouvelle méthode de calcul des arches surbaissées en maçonnerie* imaginée par M. Tourtay, Ingénieur des Ponts et Chaussées. Aujourd'hui, il veut

présenter les tables et les graphiques dressés par notre collègue M. N. de Tedesco (1), qui ont pour objet de faciliter considérablement l'application de cette méthode.

Il rappelle en peu de mots que cette méthode permet de tracer l'intrados et l'extrados d'une arche surbaissée, de manière que la voûte présente les caractères d'un solide d'égale résistance. On réalise ainsi de grandes économies non seulement sur la matière de la voûte elle-même, mais aussi, par suite de la légèreté de cette dernière, sur celle des piles, culées et fondations.

Les équations nécessaires pour calculer tous les éléments du projet et notamment pour tracer par points les formes rationnelles de l'intrados et de l'extrados sont fonctions de données numériques telles que, d'une part :

La surcharge au mètre superficiel, le poids spécifique du remplissage existant entre l'extrados de la voûte et le dessous de la chaussée, et celui de la matière employée pour la voûte ;

D'autre part, la portée et la flèche que l'on se donne habituellement.

Ces équations contiennent deux inconnues principales : l'épaisseur à la clef et la pression moyenne à peu près constante dans toute l'étendue de la voûte.

Il suffit de se donner une de ces deux inconnues pour que l'autre ainsi que tous les éléments du problème soient déterminés.

Si donc pour une portée, une flèche et une surcharge données, on calcule, d'après ces équations, les pressions moyennes relatives à diverses épaisseurs à la clef, on peut tracer la courbe de ces pressions moyennes en fonction des épaisseurs à la clef.

M. Coignet trace au tableau une de ces courbes et fait remarquer qu'elle a sensiblement la forme d'une hyperbole, que dans la branche verticale les pressions croissent démesurément pour de faibles augmentations d'épaisseur, non loin du sommet de la courbe ; tandis que l'on voit par l'allure de la branche horizontale que de l'autre côté la pression devient rapidement presque stationnaire, quelle que soit l'augmentation de l'épaisseur à la clef.

Parmi les diverses solutions, on a donc intérêt à choisir celles qui correspondent aux points avoisinant le sommet de la courbe.

C'est à la construction de toutes ces courbes que M. de Tedesco s'est consacré.

A cet effet, il a adopté une valeur moyenne pour le poids spécifique des remplissages comme pour celui de la maçonnerie de la voûte.

Il considère successivement trois surcharges (comprenant le poids de la chaussée), 1 200 *kg*, 2 400 *kg*, 10 000 *kg*.

Dans chacun de ces cas, il a adopté huit flèches différentes de 1 *m* à 10 *m*, et, pour chacune de ces flèches, il a construit les courbes de pressions moyennes en fonction des épaisseurs à la clef, pour toutes les portées compatibles avec ces flèches.

Mais les tables et graphiques ne se bornent pas à indiquer à l'aide de ces courbes l'épaisseur économique qu'il y a lieu de choisir ; les mêmes

(1) Voir la liste des ouvrages reçus, page 397, n° 32384.

graphiques donnent la valeur d'une inconnue intermédiaire *n* dont la connaissance est nécessaire pour éviter les tâtonnements assez pénibles inhérents à la résolution des équations transcendantes qui relient les diverses quantités (les courbes rationnelles d'intrados et d'extrados affectent en effet la forme de chainettes).

Les tables, calculées avec sept décimales, permettent ensuite, à l'aide de la valeur approchée de cette inconnue *n* donnée par les graphiques pour l'épaisseur choisie, d'en calculer rapidement la valeur exacte et par suite d'en déduire mathématiquement tous les autres éléments du projet.

Ces graphiques sont basés sur certaines données numériques, dont on ne s'écarte guère en général dans la pratique; toutefois, M. de Tedesco indique une méthode élégante qui permet d'utiliser encore les graphiques dans le cas où l'on serait amené à admettre des données numériques différentes de celles qui ont été choisies pour le tracé de ces graphiques.

Quant aux tables, les diverses fonctions qu'elles contiennent sont complètement indépendantes de ces données numériques variables.

Enfin, des applications et des modèles de disposition de calcul montrent avec quelle facilité et rapidité on peut calculer tous les éléments d'un projet à l'aide de ces tables et graphiques.

M. Coignet montre alors les planches du pont Boucicaut qui a été inauguré l'année dernière à Verjux (Saône-et-Loire), lieu de naissance de la donatrice, M^me^ Boucicaut. Ce pont est composé de cinq arches de 40 *m* de portée et de 5 *m* de flèche. M. Tourtay en a déterminé tous les éléments d'après sa méthode et en a dirigé la construction. Malgré sa légèreté extraordinaire pour une portée si considérable, étant donné le grand surbaissement, la pression moyenne ne dépasse pas 19 *kg* par centimètre carré. Cet ouvrage, en dépit de la mauvaise nature du sol, n'est revenu qu'à 486 000 *f*, soit à 234 *f* par mètre superficiel en plan.

M. Coignet termine en disant que la méthode de M. Tourtay, permettant de calculer rationnellement les ponts en maçonnerie et la simplification d'application de cette méthode apportée par M. de Tedesco, rendront selon lui les plus grands services à l'art de l'Ingénieur.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Coignet de cette intéressante analyse.

M. BERTRAND DE FONTVIOLANT a la parole pour présenter une analyse succincte d'une note de M. Duplaix, notre collègue, intitulée: « *Méthode générale de calcul des poutres droites avec poutrelles* ».

La détermination de l'influence des poutrelles sur les valeurs des efforts développés dans les poutres de pont n'est pas une question nouvelle. Elle a été traitée à diverses reprises par les auteurs les plus éminents, mais il n'en a pas été donné de solution aussi simple et aussi claire que celle due à M. Duplaix.

Cette nouvelle théorie est fondée sur un théorème unique dont voici l'énoncé :

En une section quelconque d'une poutre droite recevant l'action des charges par l'intermédiaire d'un système de longerons et de poutrelles, l'effort tranchant t *et le moment de flexion* m *sont égaux à ceux* T *et* M *que produiraient les mêmes charges si elles étaient directement appliquées à la poutre, dimi-*

nués respectivement de l'effort tranchant τ *et du mouvement de flexion* μ *développés dans la section correspondante du longeron.*

C'est-à-dire que l'on a :

$$t = T - \tau,$$
$$m = M - \mu.$$

Cette élégante proposition paraît devoir clore définitivement la question. Non seulement elle fournit un moyen commode de déterminer exactement les efforts dans les poutres de pont dont il s'agit, mais encore elle permet de se faire *a priori*, sans aucun calcul, une idée assez précise de l'influence exercée par les poutrelles sur les valeurs de ces efforts, influence qui est représentée par les termes soustractifs τ et μ des équations qui précèdent.

De ce théorème, M. Duplaix déduit notamment une épure très simple pour construire, en tenant compte des poutrelles, le diagramme représentatif des efforts tranchants maxima produits par le passage d'un train sur un pont en poutres droites reposant librement sur leurs appuis. Ce procédé est appelé à recevoir de fréquentes applications, puisque le nouveau règlement du 29 août 1891 sur les ponts métalliques impose aux Ingénieurs l'obligation d'envisager, dans les calculs de stabilité de ces ouvrages, la surcharge produite par le passage d'un train déterminé, au lieu des surcharges uniformément réparties que fixait l'ancien règlement de 1877.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Bertrand de Fontviolant d'avoir appelé l'attention de la Société sur les avantages de la méthode Duplaix et d'en avoir facilité l'étude par les développements et commentaires intéressants qu'il vient d'en donner.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Ch. Compère sur *les Conditions de recette des tubes de chaudières multitubulaires.*

M. Ch. COMPÈRE rappelle qu'il a déjà eu l'honneur de faire ressortir en 1890, à la Société des Ingénieurs civils, l'extension prise en ces derniers temps par les générateurs multitubulaires ; cette extension s'explique par le développement de l'industrie et de l'éclairage électrique à l'intérieur des villes, et par l'encombrement des usines ; devant ce développement, il croit intéressant de tenir ses collègues au courant des travaux entrepris sur cette question.

C'est ainsi qu'il résume tout d'abord une note présentée à la réunion annuelle des Ingénieurs en chef des Associations de Propriétaires d'appareils à vapeur, en 1890, par son savant collègue de Bruxelles, M. Vincotte, lequel conclut en disant que « les chaudières à tubes d'eau ont occasionné proportionnellement trois à quatre fois plus d'accidents que les autres, deux fois plus de morts d'hommes ; qu'individuellement, chaque accident a frappé moins de victimes ; que ces victimes n'ont toujours été que des préposés à la conduite des appareils, et que, d'ailleurs, ces accidents n'ont jamais entraîné d'effet dynamique appréciable ».

Relativement aux causes auxquelles sont dus les accidents survenus, M. Vincotte conclut en disant que « les chaudières à tubes d'eau ont

introduit de nouvelles causes de danger, mais que les nombreux accidents des dernières années viennent surtout de ce qu'on ignorait les règles à suivre pour la construction et la conduite d'appareils aussi nouveaux, et qu'il n'y a pas de doute qu'on ne puisse, à l'avenir, en éviter la plus grande partie ».

M. Vinçotte fait ressortir ensuite combien, à cause égale d'accident, la bonne fabrication des tubes peut diminuer le nombre et l'importance des avaries subséquentes, et il en déduit les conditions que doivent remplir les tubes comme qualité de métal employé et comme soudure.

Ces conditions de réception sont déjà de pratique courante dans la Marine et les Compagnies de Chemins de fer, qui ont, à ce point de vue, des cahiers des charges fort bien étudiés, et dont M. Compère donne rapidement connaissance.

Ces cahiers des charges comportent les essais connus d'aplatissement de tubes, de rabattement de collerette, de mandrinage, de retournement, de cintrage, de pliage, sur un tube, par lots de 50, 100 ou 200 tubes; mais il n'y est pas question d'examen spécial sur la soudure, si ce n'est l'essai hydraulique de tous les tubes à 25 ou 30 *kg*, essai sous lequel pourraient se révéler des fuites à la soudure, si elle était défectueuse, et encore cet essai n'est-il pas accompagné du martelage des tubes.

La question de la soudure est pourtant beaucoup plus importante pour les générateurs multitubulaires, dans lesquels la pression agit à l'intérieur des tubes et non à l'extérieur, comme dans les chaudières marines et locomotives.

Deux accidents survenus en Belgique sur des chaudières de Naeyer, l'un, le 7 décembre 1886, l'autre, le 14 janvier 1889, ont conduit M. Vinçotte à étudier tout spécialement cette question de la soudure des tubes.

Ces deux accidents se sont produits à une remise en feu, et ils ont consisté dans une ouverture brusque des tubes suivant la ligne de soudure; ils ont entraîné la mort de trois ouvriers et des blessures graves à deux autres.

Ces déchirures, en ligne droite, consistaient dans le décollage de soudures en biseau, ayant des recouvrements variant entre 0 *mm* et 4 *mm*.

En présence de tels accidents, il fut décidé que les chaudières ayant fait explosion seraient démontées, et que les tubes seraient tous essayés à 50 atmosphères et martelés sous pression.

L'épreuve fut décisive : sur 422 tubes essayés, 34 s'ouvrirent brusquement par l'effet du coup de marteau; les déchirures avaient de 0,07 *m* à 0,80 *m* de long; toutes étaient dans des soudures sans recouvrement.

En présence du second accident, les membres de l'Association belge, qui avaient des chaudières multitubulaires, acceptèrent des visites à fond dans lesquelles tous les tubes dont la soudure était trop visible furent soumis à un martelage ou à l'essai à la presse; et, pendant l'année 1889, 755 tubes durent être condamnés.

L'Association fit ensuite connaître à ses membres et aux constructeurs les conditions de réception qu'elle avait déjà adoptées comme règle après

le premier accident de 1886, mais en stipulant que la lecture des recouvrements de la soudure aux deux extrémités des tubes devait être faite sur tous les tubes et non sur 10 0/0 seulement, comme elle l'avait prescrit tout d'abord.

M. Vinçotte justifie cette lecture des recouvrements de la soudure sur tous les tubes en présentant un tableau où sont relevées les largeurs de recouvrement trouvées aux extrémités des mille derniers tubes qu'il a essayés ; les tubes provenaient du même laminoir et avaient été fabriqués pour avoir au moins 20 *mm* de recouvrement ; dans cette réception, les recouvrements ont varié de 2 1/2 *mm* à 50 *mm*, et 108 ne présentaient pas les 20 *mm* exigés.

Toutes ces études ont amené M. Vinçotte à rédiger un cahier des charges que M. Compère présente également, et qui rappelle ceux déjà présentés, si ce n'est le relevé individuel, sur les deux extrémités de chaque tube, de toutes les soudures.

Telle est l'étude de M. Vinçotte, d'autant plus intéressante à faire connaitre que les laminoirs, dont la fabrication n'est pas soumise au cahier des charges ci-dessus, se contentent, avant de livrer les tubes, de les essayer à une pression de 25 à 30 atmosphères, sans martelage, pour voir simplement si les soudures tiennent bien, essai trop insuffisant, comme M. Vinçotte l'a démontré.

M. Compère signale qu'il peut être fait d'autres essais sur les soudures ; c'est ainsi qu'une importante maison qui construit des générateurs multitubulaires, fait subir à tous ses tubes sans exception, avant tout travail, un essai de recette consistant à enfoncer à chaque extrémité, en trois ou quatre coups de marteau à devant, un mandrin qui augmente le diamètre de 1/2 *mm* environ.

Il signale aussi un autre essai de réception individuelle de tubes : le mandrinage fait à leurs extrémités, lorsque leur assemblage dans les boites collectrices se fait comme cela a lieu dans divers types de chaudières, par dudgeonnage.

M. Vinçotte attachait d'autant plus d'importance à cette question de soudures, qu'il pense que, dans plus de la moitié des cas de déchirures des tubes relevés officiellement, l'accident a consisté dans le décollage des soudures défectueuses.

Les statistiques ne sont pas, malheureusement, assez précises et assez complètes, pour que l'on soit bien fixé sur ce point.

Toutefois, d'après les statistiques françaises, M. Compère n'a relevé, de 1876 à 1889, sur treize ouvertures de tubes, que trois suivant la ligne de soudure.

D'ailleurs, M. Vinçotte semble attribuer les deux accidents qu'il a relatés uniquement au décollage des soudures ; peut-être y a-t-il eu, au préalable, surchauffe des tubes due aux diverses causes bien connues maintenant : obstruction, défaut d'alimentation total ou local, etc. ?

M. Compère rend compte ensuite de la récente réception d'une chaudière multitubulaire qui lui a été confiée. Il avait proposé pour les tôles des corps supérieurs l'acier extra-doux, dont il a présenté les conditions d'essais l'an dernier ; mais, malgré les garanties présentées par ce métal, les tôles de fer furent prises en n° 3 et 4 pour les tôles cintrées et en

n° pour les tôles travaillées ; toutes les tôles 3 et 4 furent essayées à la traction.

M. Compère donne ensuite les prescriptions qui furent suivies dans la construction de la chaudière.

Quant aux tubes en acier doux, ils devaient satisfaire au cahier des charges de l'Association belge.

Avant la réception de M. Compère, les laminoirs avaient déjà rebuté huit à dix tubes dont la soudure aux extrémités était inférieure à une jauge de 20 *mm;* ils n'avaient pas, d'ailleurs, relevé les largeurs des recouvrements que M. Compère a reprises lui-même sur les deux extrémités de chaque tube.

Ces largeurs ont varié de 20 à 50 *mm*.

Ces relevés des soudures ont montré que les recouvrements aux extrémités d'un même tube étaient très différents ; ainsi, sur un tube, M. Compère a relevé 22 *mm* à une extrémité et 50 *mm* à l'autre.

La grande variabilité dans les chiffres relevés montre bien la nécessité de relever le recouvrement de tous les tubes, à leurs deux extrémités.

Les divers autres essais ont été faits sur un tube pris au hasard.

Lors de la construction, le mandrinage des extrémités des tubes dans les collecteurs a fait rebuter un tube qui présentait, par ce travail, un commencement de décollement de soudure.

Comme complément à cette réception, M. Compère a relevé chez le constructeur de la chaudière les recouvrements de soudures à chaque extrémité de 90 tubes pris au hasard dans son magasin, et pour la commande desquels il n'avait été fait aucune prescription en ce qui concerne la largeur des recouvrements de soudures.

Les chiffres trouvés montrent que sur ces 90 tubes, 29, dont le recouvrement de soudure à une extrémité est inférieur à 20 *mm*, auraient été rebutés et ne seraient pas entrés en fabrication si leur réception avait été faite suivant les prescriptions précédemment indiquées.

Ces questions de réception de chaudières sont donc très importantes et M. Compère a cru intéressant de faire connaître plus spécialement celles qui concernent les générateurs multitubulaires, générateurs qui exigent des soins tout particuliers dans leur construction et leur entretien.

M. le Président dit que M. Compère a vivement intéressé par sa communication la Société, et il l'en remercie.

M. le Président donne la parole à M. A. Lencauchez.

M. A. Lencauchez dit qu'approuvant tout ce que M. Aug. Moreau a exposé dans la dernière séance *(du 2 octobre courant)* sur *les moteurs à gaz*, il ne saurait entrer dans sa pensée de discuter ; aujourd'hui il va continuer l'œuvre commencée par son distingué et savant collègue.

Il fait remarquer que le gaz d'éclairage *(dit de ville)*, à 5 500 calories le mètre cube pris à 0° et à 760, généralement compté à 5 300 calories à + 15°, est un des plus parfaits véhicules pour le transport de la lumière, de la chaleur et de la force, attendu qu'il ne perd que 5 0/0 dans les grandes villes, comme à Paris par exemple, pour arriver à destination, soit là où il est employé à donner la force, la chaleur et la lumière.

M. Lencauchez dit que le rendement thermique du gaz dans un mo-

teur est de 20 0/0, ainsi que le prouvent les nombreuses expériences de MM. les professeurs Hirsch et Aimé Witz, tandis que celui de la vapeur, dans les machines réputées les plus parfaites, n'est que de 10 0/0. D'où il suit *que le gaz rend un effet utile double,* avec le minimum de perte pour son transport; de plus, comme les canalisations de gaz sont existantes et souvent amorties; que, servant déjà pour le transport de la lumière et de la chaleur pour le chauffage domestique, la part de frais de transport afférente à la fraction du volume de gaz employé par les moteurs se réduit au minimum; cette part n'étant que le 1/10e, le 1/6e ou le 1/3 des frais totaux de transport, suivant que la consommation du gaz pour moteurs est plus ou moins grande.

Le transport de la force par l'électricité est plus coûteux, puisque le rendement des machines réceptrices dans les conditions les plus favorables n'est encore que de 75 0/0 du travail absorbé par les génératrices: si le courant électrique est produit par des machines à vapeur, fussent elles les plus parfaites, le rendement thermique étant pour la vapeur moitié du rendement thermique du gaz, on trouve que la perte pratique est de $100 - (0{,}75 \times 0{,}50) = 62{,}5$, comparaison faite avec le moteur à gaz, soit de 62 0/0 environ.

Le transport de la force par l'air comprimé donne lieu à une perte plus grande encore; en effet, l'air comprimé ne rend en bonne pratique industrielle que 25 0/0 *(aux machines réceptrices, dites à air comprimé)* du travail moteur qui a été développé sur les compresseurs; il est vrai que si les machines réceptrices à air comprimé reçoivent de la vapeur ou sont chauffées de façon à les faire travailler en même temps comme machines à air chaud, leur rendement peut s'élever à 30, 33 et même à 35 0/0. D'où il suit que dans les meilleures conditions, la perte de rendement mécanique comparée à celle du gaz *(même en n'admettant comme pour le gaz qu'une perte de 5 0/0 de la part des canalisations sous pression de 5 à 6 kg)* s'élève à $(100 - 5) - (0{,}35 \times 0{,}50) = 77{,}5$, soit à 77 0/0 environ.

Avec ces chiffres on peut faire le tableau comparatif ci-dessous, le rendement industriel du gaz ayant la valeur de 1,000 à destination.

TRANSPORT DE LA FORCE SOIT DE L'ÉNERGIE A DISTANCE	RENDEMENT THERMIQUE A DESTINATION	PERTE COMPARATIVE A DISTANCE	VALEUR COMPARATIVE A DISTANCE
Transport de la force par le gaz avec moteur à gaz. .	$0{,}20 \times 0{,}950 = 0{,}1900$	0,050	1,000
Transport de la force de la vapeur par l'électricité. .	$0{,}10 \times 0{,}750 = 0{,}0750$	0,625	0,395
Transport de la force de la vapeur par l'air comprimé et réchauffé à destination.	$0{,}10 \times 0{,}350 = 0{,}0350$	0,775	0,237

M. Lencauchez fait voir ensuite que le gaz d'éclairage coûte peu à produire; le coke pour la vente, le goudron, les eaux ammoniacales et le gaz produit représentent au moins 80 0/0 de la valeur de la houille qui a servi à les obtenir.

Si le gaz en France est relativement cher, c'est parce qu'il a à supporter des charges municipales très lourdes qui en surélèvent considérablement le prix, et ce n'est que quand nous aurons une bonne loi, comme le *Gas act* des Anglais, que le gaz d'éclairage, ou mieux de distillation, deviendra bon marché comme à l'étranger ; si donc en France le transport de la force, de la chaleur et de la lumière à distance progresse peu et si le nombre des moteurs à gaz à Paris n'est pas le dixième de ce qu'il devrait être, c'est à notre législation surannée qu'il faut s'en prendre, vu que c'est elle qui favorise les résistances des municipalités aux véritables progrès que l'on est en droit de réclamer de l'industrie du gaz d'éclairage.

M. Lencauchez donne ensuite la description de deux types de moteurs à gaz construits par les ateliers de constructions mécaniques de la Compagnie parisienne du Gaz.

L'un, pour les petites forces, est vertical et monocylindrique, et l'autre est horizontal et à deux cylindres avec mouvement unique pour leur distribution système Lenoir.

Après avoir fait la description de ces remarquables appareils, M. Lencauchez donne un tableau de consommation qui fait voir que les petits moteurs de la Compagnie parisienne ne dépensent que 565 *l* de gaz pour une force de 37 1/2 *kgm (ou d'un demi-cheval)* par heure, soit une dépense par heure et par cheval effectif de 1 m^3,130 *l*, tandis que les moteurs de 6 à 24 chevaux ne dépensent par heure et par cheval effectif que 655 *l* de gaz. M. Hirsch a même constaté en essai une dépense de 601 *l* (à + 15° et à 760) avec un moteur de 16 chevaux effectifs et nominaux de MM. Rouart frères, qui construisent les mêmes moteurs Lenoir que la Compagnie Parisienne du Gaz.

Ensuite M. Lencauchez fait voir les diagrammes donnés par les moteurs de différentes forces construits par la Compagnie parisienne du Gaz, qui tous font voir l'excellence des dispositions adoptées par la Compagnie pour les distributions de ses moteurs.

Abordant la seconde partie de sa communication, M. Lencauchez fait voir que là où le gaz d'éclairage fait défaut, il peut être remplacé pour les petits moteurs par le gaz des gazogènes. Pour les grands moteurs de la force de 30, 50, 80, 100 chevaux et au-dessus, il fait voir ensuite que la marche de ces puissantes machines au gaz des gazogènes réalise une économie de 50 0/0 dans la dépense réelle et effective de combustible sur la marche des machines à vapeur les plus perfectionnées recevant leur vapeur de chaudières également perfectionnées et aussi parfaites que possible dans l'état actuel de nos connaissances.

A ce sujet, il cite les nombreuses observations, études et expériences de M. le Dr Aimé Witz, sur la marche des moteurs à gaz des gazogènes, démontrant que leur dépense par cheval effectif et par heure est inférieure à 0,600 *kg* d'anthracite.

Au sujet de l'emploi de ce combustible, M. Lencauchez donne certains détails et fait voir qu'avec de bons gazogènes, les derniers des combustibles, dans l'ordre économique, peuvent fournir du bon gaz entre 1 350 et 1 500 calories au mètre cube à 0°, et à 760 aux grands moteurs, qui alors peuvent réaliser partout l'économie de 50 0/0 sur les

machines à vapeur les plus perfectionnées, Compound, Corliss, Sulzer, Farcot, etc., aussi bien en poids de combustible consommé qu'en argent.

Enfin, M. Lencauchez démontre que le gazogène perfectionné transforme en gaz ou fluide moteur le combustible solide avec une perte inférieure à 20 0/0, tandis que la chaudière à vapeur la plus parfaite aujourd'hui n'utilise que bien rarement 70 0/0 du calorique du combustible brûlé sur sa grille, de sorte que sa perte minima est de 30 0/0.

Comme conclusion, M. Lencauchez dit que le gazogène (tel que ceux qu'il construit aujourd'hui) est un transformateur beaucoup plus parfait que la chaudière à vapeur, et que, de plus, le moteur a un rendement thermique double de celui de la machine à vapeur la plus perfectionnée; de sorte qu'il est facile de doubler le rendement thermique du combustible par l'emploi judicieux des moteurs à gaz, qui datent de trente ans et qui sont encore susceptibles de perfectionnements, comme les gazogènes qui leur donnent le fluide moteur, c'est-à-dire leur gaz, alors qu'il semble qu'il n'y a plus rien à espérer des machines et des chaudières à vapeur en matière d'améliorations, de quelque importance que ce soit aujourd'hui.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Lencauchez et donne la parole à M. Gustave Richard sur la même question.

M. Gustave RICHARD s'exprime ainsi : Messieurs, vous avez entendu, il y a quinze jours, la belle conférence de M. Aug. Moreau sur *le moteur Niel;* M. Lencauchez vient de vous présenter, avec autant de compétence et d'autorité, la description du *moteur Lenoir;* je commencerai par vous prier de vouloir bien me dispenser d'ajouter à ces communications l'éloge du moteur Otto. J'ai, pour cela, bien des raisons de convenance, que vous comprenez à merveille. D'autre part, le moteur Otto est, il faut le reconnaître, pour beaucoup le prototype de ces différentes machines, et le bien que l'on dit des enfants ne saurait, je crois, nuire à la réputation du père.

Je me propose de passer en revue avec vous les points les plus importants de la théorie et de la pratique des moteurs à gaz et de discuter quelques-uns des moyens proposés pour améliorer le rendement de ces moteurs et pour en étendre les applications.

Mais, avant d'aborder ces questions, je demande à présenter une observation sur un point de la conférence de M. Moreau, bien que ce point s'écarte un peu du domaine de la technologie pure. Parlant des procès intentés par Otto à ses contrefacteurs, M. Moreau vous a dit qu'il avait perdu tous ses procès en Allemagne et en France — ce qui n'est pas tout à fait exact — et qu'il les avait gagnés en Angleterre ; mais, ajoute M. Moreau, « on ne sait trop pourquoi ». Eh ! bien, je vais vous dire ce pourquoi, ou, du moins, vous en exposer la raison principale, parce qu'il est utile, je crois, de la faire connaître à ceux d'entre vous qui pourraient avoir des procès de contrefaçon en Angleterre. Cette raison, la voici : c'est qu'en Angleterre les procès de contrefaçon se jugent dans un esprit souvent très différent de celui de la jurisprudence française, et toujours avec une procédure d'expertise qui ne ressemble en rien à la nôtre.

Ainsi, lorsqu'on a présenté au juge anglais la petite brochure autographiée de Beau de Rochas, il ne s'est pas contenté d'en vérifier la date; il a demandé d'où elle venait, de quel recueil officiel, de quelles bibliothèques? Au *Patent Office* de Londres, il y a la collection complète imprimée des brevets français, celui de Beau de Rochas n'y est pas; sa brochure, elle n'existait dans aucune bibliothèque d'Angleterre, ni publique ni privée. Malgré l'appât d'une forte récompense, aucun Ingénieur anglais ne put venir affirmer à la barre de la haute Cour de Londres qu'il avait même soupçonné l'existence de Beau de Rochas avant ce procès (1884). Enfin, l'on aboutit, après d'innombrables recherches, à découvrir, perdue dans les débarras du British Museum, un exemplaire de la fameuse brochure, non cataloguée, encore enveloppée de sa feuille d'expédition. Ensuite, le juge examina la brochure. Était-ce un véritable brevet, une antériorité opposable au sens de la loi anglaise, c'est-à-dire une spécification avec les dessins et les explications indispensables pour pouvoir en tirer la construction d'une machine? Non : pas de dessins, l'énoncé d'un théorème, d'un cycle « qu'il faudrait s'efforcer de réaliser autant que possible » et c'est tout. C'est beaucoup, je le veux bien, c'est même, si on le veut, la gloire de Beau de Rochas; mais, en Angleterre, un théorème ne constitue pas une antériorité opposable. C'est en vertu de ces considérations que la haute Cour de Londres décida qu'il serait absolument illégal — en Angleterre seulement, bien entendu, — d'invalider en quoi que ce soit le *brevet* d'Otto en considération d'un *théorème* absolument inconnu d'ailleurs et même pratiquement inconnaissable avant ce procès; et la brochure de Beau de Rochas fut, dès lors, définitivement reléguée parmi les moyens de contrefaçon inutilisables en Angleterre.

Je vous ai dit, qu'en Angleterre, la procédure des expertises est toute différente de la nôtre; elle est *contradictoire en public*. Comme ce procès Otto était très important, l'on appela devant la Cour les plus grands savants et les Ingénieurs les plus compétents d'Angleterre : Sir William Thomson, Sir F. Bramwell, Clark, Dewar, etc., les uns pour Otto, les autres contre. Il en résulta, en dehors des nombreuses expériences exécutées par ces hommes éminents, une discussion technique des plus complètes, qui occupa une trentaine d'audiences, et dont le résumé se trouve représenté par le ballot d'imprimés que voici. Cette procédure, où il y a bien autre chose que des plaidoyers et de la jurisprudence, constitue en réalité l'enquête expérimentale et technique la plus approfondie, la plus compétente et la plus impartiale — étant publique et contradictoire — que l'on ait jamais faite sur l'histoire du moteur à gaz et sur les points les plus discutés de sa technologie ; c'est donc un document à peu près unique, extrêmement important et intéressant en dehors même du procès qui en fut l'occasion ; et c'est pour cela que je me fais un plaisir de l'offrir à votre bibliothèque.

Quant au procès français, il va sans dire que je ne puis vous en parler. Voici les rapports des experts — c'est une pièce officielle ; — ceux d'entre vous qui s'intéressent particulièrement à ce genre de littérature pourront en prendre connaissance à la bibliothèque et se faire une opinion motivée d'Ingénieurs ; sans rien en préjuger, je ne m'étonnerai pas outre

mesure que cette opinion fût quelquefois moins nette et moins absolue que celle de M. Moreau.

Arrivons maintenant aux questions plus paisibles de technologie pure.

J'insisterai tout d'abord sur une particularité capitale et des plus intéressantes du mélange gazeux employé par l'immense majorité des moteurs à compression. Vous savez, comme vous l'a dit M. Moreau, que, dans la plupart de ces machines, c'est-à-dire dans presque tous les moteurs à *compression intérieure*, où la compression s'effectue par le piston moteur même, on ne chasse pas complètement du cylindre les gaz brûlés pendant la course motrice; on conserve au contraire, vers la fin de l'échappement, dans la chambre de compression, un volume très notable : un quart environ de ces produits de la combustion. Il en résulte, qu'au moment de l'allumage, le cylindre moteur se trouve rempli d'un mélange de gaz d'éclairage, d'air et de gaz inertes, ou produits de la combustion motrice précédente, constitués en grande partie d'acide carbonique et d'azote. En outre, ces gaz ne sont pas intimement mêlés entre eux dans toute leur masse, de sorte que le mélange gazeux présent au cylindre au moment de l'allumage n'est pas uniforme ou homogène, mais hétérogène. La composition de ce mélange varie d'un point à l'autre du cylindre; mais il faut, en plus, que cette variation suive une certaine loi, que l'on peut formuler en disant que le mélange doit être d'autant plus riche en gaz, ou plus pur et plus actif, que l'on se rapproche plus du point d'allumage; en un mot, *le mélange doit présenter sa région la plus riche à l'allumage.*

La réalité de ce mélange hétérogène, longtemps contestée par toutes sortes d'arguments *a priori*, ne l'est plus aujourd'hui depuis sa constatation expérimentale absolument indéniable, notamment en Angleterre par Dewar, et en Belgique par M. Dwelshauvers. On n'en conteste pas davantage la nécessité relative, c'est-à-dire l'obligation de ne pas mélanger uniformément aux gaz actifs les produits de la combustion conservés au cylindre, mais, au contraire, de conserver à ce mélange une région riche aux environs de l'allumage. Ces deux points sont actuellement acquis, et ce que l'on discute, ce n'est plus l'existence de ce mélange, ni la logique de sa constitution, étant admis qu'il faille garder les gaz brûlés, mais la question de savoir s'il faut ou non garder ces gaz, s'il est ou non avantageux de chasser complètement les produits de la combustion.

Au premier abord, il semble que l'expulsion complète s'impose. Il semble en effet presque évident que ces gaz devraient provoquer des détonations intempestives par leur contact brûlant avec les gaz actifs, ou s'y mélanger au point d'en rendre l'allumage presque impossible et la combustion très imparfaite; et c'est, en effet, contre ces objections, des plus spécieuses, que les inventeurs de moteurs à gaz ont si longtemps et si vainement lutté. On admettait comme un axiome, ainsi que le spécifiait Beau de Rochas, la nécessité de l'emploi d'un mélange intime d'air et de gaz, sans gaz inertes, donnant la pression la plus élevée possible. De là, cette persévérance, en apparence inexplicable aujourd'hui, à compliquer le moteur à compression de toute sorte d'organes

destinés soit à chasser complètement les gaz brûlés, soit à les séparer mécaniquement des gaz actifs ; erreur d'une importance telle, et si universellement admise, que le principe capital de la compression, ou du cycle à quatre temps, ne put être appliqué que soixante-seize années après sa découverte par Lebon. Vous voyez combien il faut, en matière de moteurs à gaz comme en presque toute chose, se méfier extrêmement des raisonnements *a priori* et des affirmations basées sur une évidence autre que la preuve expérimentale.

Ce n'est pas à dire que l'on ne puisse pas arriver à construire de bons moteurs à gaz sans y conserver les produits de la combustion. On peut y parvenir, soit avec un seul cylindre, par des mécanismes à courses inégales ou à pistons auxiliaires, ou en ajoutant au cycle à quatre temps des périodes supplémentaires, soit, et c'est le moyen le plus usité, par l'emploi d'une compression effectuée en dehors du cylindre moteur : c'est la solution des machines à *compression extérieure*. Mais on peut, sans préjuger de l'avenir, affirmer que, jusqu'à présent, aucune de ces machines n'a présenté des avantages suffisants pour les faire préférer au type plus simple à quatre temps et à compression intérieure, presque universellement adopté aujourd'hui.

Il faudrait en effet, pour justifier les complications qu'entraine l'expulsion complète des gaz brûlés, que cette expulsion améliorât notablement la combustion du gaz et le rendement du diagramme. Or, l'expérience a démontré que, dans l'immense majorité des cas, et, bien entendu, avec une stratification du mélange et un allumage convenablement disposés, la conservation des gaz brûlés ne nuit pas à la combustion des gaz. Ces gaz n'agissent que comme atténuateurs du choc de l'explosion, ainsi que le ferait un matelas d'air en excès, également inerte, mais avec cet avantage qu'ils diminuent par leur chaleur la perte à l'échappement. Et comme il suffit d'autre part, pour assurer l'allumage au point le plus riche, de l'effectuer dans le canal même d'introduction du mélange actif d'air et de gaz, ou tout près de ce canal, et autant que possible dans l'axe du cylindre, il n'apparait aucune raison de renoncer au type fondamental de moteurs si nettement défini par Otto en 1876, et qui résulte essentiellement, comme nous venons de le voir, non pas de l'emploi seul du cycle à quatre temps, mais de la combinaison de ce cycle avec la conservation d'une partie notable des gaz brûlés pendant la course motrice.

C'est donc, actuellement du moins, à cette combinaison fondamentale qu'il faut se rallier, en cherchant par quels moyens on pourrait en améliorer encore les résultats.

Ces moyens sont de deux sortes : d'ordre thermique, et d'ordre mécanique.

Dans l'ordre thermique, il faut s'efforcer de diminuer le plus possible les deux grandes pertes du moteur à gaz : la perte par les parois et la perte par l'échappement.

Dans la moyenne des moteurs actuels, la perte par les parois, autant qu'on peut la déduire approximativement de la chaleur entrainée par l'eau de refroidissement, oscille, comme vous l'a dit M. Moreau, entre

30 et 45 0/0 de la chaleur totale de combustion du gaz. On peut la réduire par trois moyens isolés ou combinés : en diminuant la durée, l'intensité ou l'étendue de l'action des parois.

On diminue la durée de l'action des parois en augmentant la vitesse du piston moteur soit par une rotation plus rapide, soit, pendant la course motrice seulement, par des dispositifs à courses inégales ou par l'emploi de pistons libres, difficilement applicables aux machines à compression.

La vitesse du moteur ne saurait être augmentée indéfiniment en raison de l'influence destructive des chocs, qui croît à peu près comme le carré des vitesses ; mais, sans aller jusqu'aux limites dangereuses mécaniquement, d'autres causes limitent aux environs de 250 à 300 tours la vitesse pratique des moteurs d'une force supérieure à un cheval. La principale est que, d'apres l'expérience, l'économie des moteurs n'augmente pas, ou que de très peu, à partir de 250 tours environ : l'augmentation des résistances passives du moteur arrive très vite à compenser l'accroissement du diagramme, et cet accroissement même n'a pas toujours lieu ; car, si la température de l'explosion est plus chaude, il en est souvent de même de celle de l'échappement.

C'est à cette même cause : l'augmentation corrélative de la perte par l'échappement, qu'il faut attribuer, sans même parler de la complication de leurs mécanismes, le peu d'économie réalisée par les machines à courses inégales. Voici, par exemple, comment se répartissait, ainsi que vous l'a déjà signalé M. Moreau, la chaleur dans un moteur Otto et dans un moteur Atkinson essayés en 1888, dans des conditions aussi comparables que possible, par la Société des Arts de Londres :

	Otto	Atkinson
Puissance calorifique du gaz dépensé.	100	100
Chaleur convertie en travail.	22,1	22,8 0/0
Chaleur perdue par l'eau de refroidissement. . .	43,2	27
Chaleur perdue par l'échappement.	35,5	50,2

Le moteur Atkinson, l'un des plus ingénieux des types à courses inégales, chassait complètement les gaz brûlés tout en n'employant qu'un seul piston dans un cylindre ouvert, et donnait une course motrice d'un tiers environ plus longue que celle de l'aspiration. Vous voyez que le rendement du diagramme est presque identique dans les deux moteurs : 22 0/0 dans l'un, 23 0/0 dans l'autre, et que ce fait s'explique parfaitement de ce que le moteur Atkinson perd à très peu près à l'échappement ce qu'il gagne aux parois.

On n'a donc, jusqu'à présent, rien ou presque rien gagné à diminuer la durée de l'action des parois, ou, plus exactement, la durée de la course motrice dans les moteurs à compression.

Gagne-t-on à en diminuer l'intensité, c'est-à-dire à augmenter la température moyenne des parois, ou, plus exactement, à diminuer la différence entre leur température et celle des gaz pendant la course motrice ? Il existe pour cela deux moyens : augmenter la température des parois, diminuer celle de l'explosion.

Augmenter la température des parois de la totalité du cylindre au delà de celle correspondant à une circulation d'eau sortant à 70 ou 80°, il n'y faut pas songer : le piston gripperait bientôt, même avec un graissage exagéré, et dépenserait d'ailleurs en huile, en usure et en frottement plus que le gain parfois nul du diagramme. Mais l'on n'est pas obligé de chauffer tout le cylindre, on peut en isoler plus ou moins la chambre de compression, où se fait l'allumage et où le piston ne pénètre pas, et que l'on peut ainsi laisser s'élever à une température plus haute. C'est la solution des *chambres de compression isolées*, appelées parfois réchauffeurs, proposées depuis très longtemps sous les formes les plus diverses, mais à peine employées sur deux ou trois types de moteurs. L'économie de cette disposition n'est pas évidente, car rien ne dit que l'on ne perd pas à l'échappement ce que l'on gagne au diagramme pendant les premiers instants de la course; en tout cas, le gain ne saurait être que très faible. Des expériences exécutées avec deux moteurs ne différant entre eux notablement que par l'isolement de la chambre de compression, marchant à peu près à la même vitesse et à la même compression, avec le même allumage, ont en effet donné des résultats comparables et plutôt favorables au moteur sans chambre isolée, ou sans réchauffeur. Si l'on ajoute à cette considération celles de la situation défavorable des organes mécaniques solidaires du réchauffeur et de la chaleur désagréable qu'il dégage, il n'y a pas lieu de s'étonner du peu de considération que son usage a reçu de la pratique, bien qu'il ait été proposé et essayé depuis longtemps. En fait, si quelques constructeurs reviennent aujourd'hui à l'emploi des chambres de combustion isolées, c'est plutôt soit concurremment avec d'autres dispositifs, soit à la recherche d'un moyen de réaliser ainsi, pour les machines à pétrole, l'allumage spontané de Beau de Rochas.

La *dilution du mélange actif* dans une masse plus ou moins importante de gaz inertes : air ou produits de la combustion, contribue aussi à diminuer l'influence des parois en abaissant la température propre de la course motrice. Dans quelle mesure? Il est très difficile de le préciser en présence des phénomènes extrêmement complexes qui se produisent dans le cylindre d'un moteur à gaz, mais on peut néanmoins affirmer que, toutes choses égales, aussi bien sans qu'avec la compression, le rendement sera d'autant meilleur, à combustion complète, que le dosage moyen du mélange sera plus faible. Ce fait, dès longtemps indiqué par la théorie, a été parfaitement démontré par de nombreuses expériences, notamment par celles de Clark, Slaby, Salanson et Debuchy. Le dosage le plus usuel oscille aux environs de 1 de gaz pour 10 d'air en volumes; on peut aller à la rigueur jusqu'à 14 ou 15 d'air, mais en usant à l'extrême des trois moyens dont on dispose pour reculer la limite d'inflammabilité des mélanges gazeux : des parois très chaudes, une compression très élevée, une dilution ordonnée de manière que le mélange présente à l'allumage sa région la plus riche. On a bien cherché, mais sans succès, à perfectionner cette dilution en disposant dans le cylindre certains organes mécaniques, ou en y créant des tourbillons de manière à distribuer les gaz brûlés tout autour du mélange actif en une sorte de

gaine l'isolant des parois; aucun résultat avantageux n'est venu justifier ces complications.

Nous arrivons au seul moyen pratique de diminuer la surface refroidissante des parois au moment de l'explosion, c'est-à-dire à *la compression*, caractéristique dominante du moteur à gaz moderne. Mais la compression ne se borne pas à diminuer ainsi l'influence des parois : augmentant au moment de l'allumage la température du gaz dont elle rapproche en même temps les molécules, elle en recule la limite d'inflammabilité, permet l'emploi de dosages plus pauvres, ce qui est, comme nous l'avons vu, une raison d'économie.

De plus, elle joue un rôle mécanique précieux en atténuant, supprimant même les chocs dus au jeu des articulations qui se trouvent ainsi resserrées au moment même de l'explosion. La question est de préciser jusqu'à quel degré il convient de pousser la compression. Au point de vue thermique, la réponse est facile : il faut l'élever jusqu'à sa limite, jusqu'à l'allumage spontané; mais, outre que cet allumage est à peu près irréalisable avec les gaz ordinairement employés, et, qu'à cette limite, le cylindre ne durerait pas longtemps, il faut remarquer que l'avantage à retirer d'une augmentation de la compression est loin d'être proportionnel à cette augmentation. En admettant, ce qui est au-dessus de la vérité, que la pression d'explosion augmente proportionnellement à la compression et que la détente soit isothermique, le rendement n'augmenterait qu'avec le logarithme de la compression (formule de Salanson). Le moteur à grande compression sera toujours le plus avantageux, mais avec un gain d'autant moindre que l'on comprimera davantage; et d'autre part, à compression égale, cet avantage sera d'autant plus sensible que la pression d'explosion sera moindre. D'après cette formule logarithmique, évidemment trop favorable, on ne gagnerait que très peu en passant, par exemple, de 3 à 4 atmosphères à la compression; de sorte que l'on peut affirmer qu'il n'y a, dans l'état actuel de la construction, en tenant compte de la fatigue imposée au cylindre et au mécanisme par les grandes compressions, aucun intérêt pratique à dépasser une compression de 3 atmosphères effectives; et c'est, en effet, aux environs de ce chiffre, plutôt au-dessous, que se tiennent la grande majorité des constructeurs.

En résumé, des divers moyens dont on dispose pour diminuer l'influence des parois, aucun ne semble pouvoir être utilement prolongé au delà des limites que leur a fixées l'expérience, tandis que plusieurs d'entre eux seraient plutôt nuisibles à l'ensemble du moteur, et l'une des raisons principales de cet état de choses est que l'on perd, en général, à l'échappement ce que l'on gagne aux parois.

Ce n'est donc pas dans une diminution de l'influence seule des parois qu'il faut chercher à perfectionner notablement le rendement thermique des moteurs à gaz.

Voyons si nous pouvons quelque chose du côté de la *perte à l'échappement*, qui oscille, comme vous le savez, entre 30 et 40 0/0 de la chaleur motrice. Théoriquement, la réponse est immédiate. Même en ne modi-

fiant que le moins possible le restant du cycle usuel des moteurs à gaz, il est bien évident que l'emploi d'un *régénérateur* recevant les gaz de l'échappement et parcouru en sens inverse par ceux de l'admission restituerait au mélange moteur la chaleur actuellement emportée par les gaz de l'échappement, et nous éviterait en très grande partie la perte de cette chaleur.

C'est donc aux régénérateurs qu'il faudrait théoriquement recourir pour réaliser le seul perfectionnement notable du cycle des moteurs à gaz dont on entrevoie en ce moment la possibilité; d'autant plus, qu'évitant de perdre à l'échappement ce que l'on gagnerait, comme nous l'avons vu, par certains moyens, aux parois, l'emploi des régénérateurs lèverait en partie les objections présentées contre ces moyens et permettrait de gagner doublement, en réduisant à la fois la perte des parois et celle de l'échappement.

Pourquoi n'a-t-on pas encore appliqué aux moteurs à gaz le régénérateur, du moins aux moteurs de grande force? Nous touchons ici à l'un des points les plus curieux de l'histoire des machines thermiques, dont l'étude est bien faite pour démontrer quelle distance sépare parfois la théorie de la pratique, et quelle différence il faut savoir reconnaître entre l'énoncé d'un théorème et la réalisation d'une machine. Le régénérateur est connu depuis l'origine des machines à air chaud, dont les moteurs à gaz ne sont qu'un cas particulier. En 1816, Stirling lui donna, dans sa remarquable machine, l'une de ses formes théoriquement les plus parfaites. On n'a jamais conçu de machine à air chaud plus ingénieuse, plus irréprochable en théorie que celle de Stirling; et pourtant son illustre inventeur en expliquait le fonctionnement par les idées les plus singulières, attribuant au régénérateur le rôle d'une sorte de mouvement perpétuel. On explique maintenant ce rôle, on en reconnait unanimement l'efficacité, même pour les machines à air chaud les plus parfaites possibles, dans lesquelles ce rôle n'est pas évident, à telles enseignes qu'on l'a parfois nié en se fondant sur certaines applications trop incomplètes de la thermodynamique à l'étude des moteurs. Si donc les régénérateurs ne se rencontrent pas, ou presque pas, sur les machines à air chaud, cela ne tient ni à une erreur de principe, ni à la nouveauté de leur invention. Cela tient uniquement aux difficultés pratiques qui se sont sans cesse opposées à la réalisation d'un bon régénérateur.

Ces difficultés sont, en effet, multiples et très graves. Le régénérateur doit présenter, sous un volume aussi réduit que possible, une capacité calorifique considérable, une grande puissance d'échange de températures, offrir au passage des gaz, mais sans en étrangler l'écoulement, des surfaces de contact très étendues, autant que possible inaltérables et parfaitement accessibles au nettoyage; il doit surtout durer, ne pas se brûler ni s'effriter. C'est là la difficulté principale. Les toiles et les lames métalliques, d'une si puissante activité d'échange, s'encrassent et se brûlent. Aucun métal ne résiste, sauf le platine, et peut-être le nickel, encore trop coûteux. Les matières réfractaires, plus encombrantes et moins actives, presque toutes poreuses, s'engorgent, s'écaillent ou s'effritent; et le fait est, qu'après les recherches les plus nombreuses et les mieux dirigées, celles de M. Hirsch notamment, on en est encore à cher-

cher une matière capable de satisfaire au service d'un régénérateur véritablement pratique. La partie thermique et mécanique de l'application du régénérateur aux moteurs à gaz et à air chaud est presque entièrement résolue; on sait comment il faut l'introduire dans le cycle de ces machines, et quels résultats il donnerait. Pour les moteurs à gaz, le problème est à l'étude depuis longtemps. De 1860 à 1881, sir William Siemens, familiarisé mieux que personne avec la pratique des régénérateurs de la métallurgie, en a étudié l'application aux moteurs à gaz dans une série de travaux extrêmement remarquables, d'où sortira peut-être le moteur à gaz de l'avenir. D'autres, à la suite de Siemens, ont repris la question, autant pour les machines à huiles minérales brutes que pour les moteurs à gaz; bien des solutions ont été proposées, et sont présentées chaque jour, parfois très ingénieuses aux points de vue thermique et mécanique, mais échouant sans cesse, comme Siemens, parce que la matière manque. C'est au chimiste, au métallurgiste, — à qui la mécanique a rendu de si grands services, — de venir à leur tour en aide au mécanicien.

Vous voyez, Messieurs, comment ce problème de l'amélioration thermique du moteur à gaz, ramené en apparence à deux termes très simples : réduire la perte aux parois, réduire la perte à l'échappement, s'est, dès l'abord, compliqué extrêmement par le fait, non seulement des difficultés pratiques particulières à chacune de ces solutions, mais surtout par la solidarité de ces deux causes de pertes, réagissant l'une sur l'autre au point qu'il paraît extrêmement difficile de diminuer l'une sans augmenter l'autre presque d'autant; et c'est ainsi que nous avons été amené à présenter le régénérateur comme le seul moyen théorique, malheureusement encore impraticable, d'arriver à améliorer notablement, à plus que doubler le rendement du moteur à gaz.

Cette solidarité que nous avons constatée entre la perte aux parois et la perte à l'échappement, il ne faut jamais oublier qu'elle existe entre tous les organes du moteur à gaz. Le cylindre d'un moteur ne présente en réalité qu'une analogie plus lointaine qu'on ne le croit souvent avec l'appareil de laboratoire dans lequel on étudie séparément le phénomène d'une explosion de mélanges gazeux. Dans les moteurs à gaz, une course motrice n'est jamais isolée; son allure dépend de la course précédente et influe sur la suivante ; en outre, les résultats finaux et dominants, le rendement sur l'arbre, la durée et la régularité du moteur, sont soumis à bien d'autres influences, solidaires aussi les unes des autres, parfois contradictoires, et dont l'ensemble doit toujours être présent et comme agissant et vivant sous les yeux du constructeur. Aussi, tout en reconnaissant l'extrême importance des recherches de laboratoire, et leur parfaite exactitude en soi, faut-il se garder d'en généraliser trop hâtivement les conclusions, et bien se rappeler, en appliquant ces conclusions, qu'elles portent sur des phénomènes considérés isolément et non pas sur ce qu'ils deviennent, comme au moteur à gaz, dans tout un ensemble de réactions diverses et multiples, dont la plupart sont encore inexpliquées.

C'est ainsi que, pour ne considérer que l'une des périodes du cycle

des moteurs à gaz, et la plus importante, la course motrice, il faut bien reconnaître qu'elle est extrêmement complexe et, en allant au fond des choses, encore inexpliquée. On ne peut pas encore répondre complètement à cette question : d'où vient la perte à l'explosion et à la détente ? De l'influence des parois, en partie, cela n'est pas douteux ; cette influence agit, on a pu même en formuler certaines lois en la considérant isolément ; mais pour combien et dans quel sens, variable ou constant, intervient-elle au milieu des autres phénomènes de la course motrice : tels que l'augmentation des chaleurs spécifiques aux températures de l'explosion — qui n'est pas encore universellement admise ; — les dissociations — plutôt soupçonnées que démontrées ; — le prolongement de la combustion pendant la détente — nié par les uns, magistralement affirmé par d'autres, et qui est en tout cas, s'il existe, comme je le pense, fonction de la nature du mélange, de la compression, de la puissance de l'allumage, en un mot, qui se présente comme un phénomène des plus complexes en lui-même et en raison de sa solidarité avec l'ensemble des actions qui se produisent simultanément dans le temps si court d'une course motrice.

Vous le voyez, nous sommes encore dans l'incertitude au sujet de la nature réelle de la plupart des phénomènes qui se produisent dans le cylindre des moteurs à gaz, et il serait plus que présomptueux de dire qu'il n'y a pas d'intérêt pratique à les connaître. La théorie expérimentale du moteur à gaz n'est pas faite ; vous savez comment s'est faite celle de la machine à vapeur ; par quels travaux persévérants, dévoués, avec quels résultats d'une incontestable utilité et glorieux pour notre pays. La théorie expérimentale des moteurs à gaz ne s'établira pas non plus toute seule ; mais elle est certainement d'une importance suffisante pour qu'on s'y applique, sans reculer devant sa difficulté, l'aridité des travaux, la longueur et le prix des études. J'ajoute qu'il serait à souhaiter que cette théorie fût établie par des savants et des Ingénieurs français, et qu'il n'est en apparence besoin, pour que ce souhait se réalise, comme aussi bien d'autres travaux extrêmement importants pour l'art de l'Ingénieur, que d'une chose très simple en elle-même, et dont l'urgence s'impose à tous égards : la réorganisation la plus prompte possible du laboratoire de notre Conservatoire des Arts et Métiers.

Il me resterait, Messieurs, à vous parler de la partie mécanique du moteur à gaz et de deux moyens très importants d'en étendre encore les applications en les généralisant ; je veux dire : l'emploi des pétroles bruts non rectifiés et celui des gaz pauvres, auquel M. Lencauchez a si brillamment contribué. Mais l'heure s'avance, et il me serait impossible d'aborder ce sujet sans abuser absolument de votre attention et sans interdire en fait la parole à ceux de nos collègues venus pour prendre part à cette discussion. Je vous demanderai donc, en vous remerciant de l'attention que vous m'avez si gracieusement accordée, de vouloir bien m'autoriser à remettre à une autre séance la suite de cette communication.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Gustave Richard et croit devoir rappeler à la Société que le Congrès international de mécanique appliquée a, au nombre des vœux qu'il a transmis au Gouvernement, demandé l'exécution de divers travaux au Conservatoire des Arts et Métiers de Paris afin de permettre certains travaux d'expériences que, dans la situation actuelle, il n'est pas possible aux savants professeurs du Conservatoire d'entreprendre.

M. D.-A. CASALONGA demande à présenter quelques observations, puisque M. G. Richard a bien voulu le nommer.

Il croit que les essais, faits naguère avec beaucoup de persévérance par M. Hirsch, n'ont pas réussi malgré les grandes ressources scientifiques et matérielles dont il disposait, parce qu'il a cherché à réaliser les principes qui ont cours encore aujourd'hui, d'après lesquels le rendement économique d'une machine thermique est une fonction exclusive de l'écart existant entre les températures extrêmes.

L'éminent professeur cependant, contrairement à l'opinion exprimée dans son traité de la *Théorie mécanique de la Chaleur*, par celui qui fut notre sympathique savant alsacien, Hirn, avait très bien compris l'intérêt et les avantages de la récupération, inaugurée en effet par Stirling, continuée par Erickson.

Malheureusement il en a été jusqu'ici des récupérateurs à haute température, sauf pour cerains cas spéciaux, ce qu'il en a été des surchauffeurs : la haute température est un obstacle à la durée, au bon fonctionnement de ces sortes d'appareils.

Examinant la communication faite par M. Moreau, sur l'intéressant moteur de M. Niel, M. Casalonga fait remarquer que certaines données importantes n'y sont pas indiquées, notamment les diagrammes relevés et la température d'explosion.

Dans les résultats d'expériences publiés au compte rendu, le rendement mécanique est estimé à 75 ou 80°. Cette estimation doit résulter, suppose-t-il, de la résolution planimétrique du diagramme; et, si elle est fondée, elle constitue un réel avantage.

En effet, dans l'écart qui existe entre le travail indiqué et le travail effectif figure une valeur spéciale à laquelle M. Casalonga a cru pouvoir donner le nom de *déchet* du diagramme, et qui est généralement plus grande dans les moteurs à gaz que dans ceux à vapeur. Cette valeur porte principalement, peu après qu'elle a commencé, sur la détente, dont le travail indiqué est toujours sensiblement inférieur au travail réel.

Cette considération, qui paraîtra étrange au premier abord, bien qu'elle soit conforme aux vrais principes, est fondée sur cette proposition :

A un même diagramme peuvent correspondre diverses valeurs d'un travail extérieur, variant même entre des limites assez éloignées.

On est ainsi conduit à admettre que le rendement mécanique d'un moteur bien construit, bien entretenu, marchant sans chocs, diffère moins qu'on ne l'a admis, jusqu'ici, du travail *effectué* dans le cylindre, travail inférieur lui-même au travail *indiqué*.

Quant à la température de l'explosion, la connaissance de sa valeur eût introduit un précieux élément de comparaison et de contrôle, en per-

mettant de déterminer la valeur du *coefficient économique*, et de le comparer aux résultats obtenus.

Chacun sait qu'il n'existe pas, à l'heure actuelle, un auteur, traitant de moteurs thermiques, qui ne mette son travail sous l'invocation du signe sacro-saint :

$$\frac{T - t}{T}$$

Les conférenciers de ce soir sont peut-être les premiers qui s'en soient abstenus, et pourtant quelle belle occasion pour faire valoir les mérites des grands écarts de température !

Avec une compression préalable de 3 *kg*, la température de l'explosion, dans un moteur marchant dans les conditions de celui de Niel, même avec un mélange pauvre comme celui indiqué par M. Richard, de 1 à 10, doit s'élever, d'après M. A. Chauveau, à plus de 1 500°. Cela conduit à un rendement économique $\rho = \frac{T - t}{T} = \frac{1500 - 400}{1500} = 0{,}70$.

Et c'est un minimum, car la compression préalable est de 3,50 à 3,60 *kg*, le mélange peut être plus riche, et la température d'échappement peut aussi bien être comptée à 350°. Dans ces conditions la valeur de ρ atteindrait 0,80, soit trois à quatre fois plus que le rendement indiqué.

M. Casalonga voit ainsi, dans le moteur à gaz, plus encore que dans le moteur à vapeur, le démenti le plus formel infligé au coefficient économique; et il s'étonne, une fois de plus, qu'un tel écart, quelques considérations que l'on fasse valoir en faveur d'un coefficient générique, tenant compte de l'action de parois ou d'une prétendue imperfection du cycle, ne suffise pas à montrer, aux techniciens, l'erreur à laquelle on est entraîné par la règle des températures extrêmes, laquelle voile et trouble toutes théories applicables aux machines thermiques : et c'est pourquoi il n'en existe pas encore d'exactes.

Au sujet de la déclaration de M. G. Richard, qu'il existe dans les moteurs à gaz, outre des phénomènes inexpliqués de variation de capacité calorifique, de dissociation du gaz, des pertes énormes au sujet desquelles on n'est pas bien renseigné, pertes qu'il propose de reprendre par un récupérateur, M. Casalonga ne partage pas l'opinion de son collègue; il s'en excuse pourtant à l'avance, sachant combien M. G. Richard est maître en un tel sujet.

Il admet difficilement que la capacité calorifique du gaz puisse varier aux hautes températures, comme on l'admet généralement; aucune considération philosophique ne l'explique, dès lors que la masse reste invariable et l'état physique du corps constant. En tous cas, les pertes constatées sont fatales, inévitables et pas si grandes, d'ailleurs, que le fait supposer la valeur démesurément exagérée du coefficient économique. Les rendements de 22 et 23 0/0 indiqués par M. Richard ne pourront guère s'élever davantage, parce que le rendement maximum théorique direct de tout moteur thermique ne peut dépasser celui qui résulte de la loi de Gay-Lussac, 30 0/0 au maximum maximorum.

Quant à la récupération, admettant même qu'elle soit réalisable, il ne croit pas à son efficacité, parce qu'elle diminuerait la densité du mélange aspiré et tendrait à augmenter la température supérieure T.

M. Aug. Moreau dit qu'il est étonné d'avoir été pris aussi vivement à partie par M. Richard, et cela d'autant plus qu'ils sont d'accord à peu près sur tous les points. Ce n'est pas surprenant d'ailleurs ; en dehors de l'expérience personnelle que M. Moreau a pu acquérir à l'Exposition de 1889 où il avait tous les moteurs à gaz sous sa direction, il a étudié la partie théorique et scientifique de cette question, en grande partie dans les excellents ouvrages de M. Richard sur la matière.

Cependant, M. Richard a avancé deux choses qu'il est impossible de laisser passer sans réponse.

D'abord, il a dit qu'on avait fait, dans une précédente communication, l'éloge du moteur Niel. C'est un peu exagéré : il a été présenté une étude d'ensemble sur les moteurs à gaz et, en particulier, sur le moteur Niel ; si peu à peu cette étude s'est transformée en éloge, c'est que cela était dans la nature des choses et que cet éloge était absolument mérité ; avec cette réserve on peut accepter le mot éloge.

En second lieu, M. Richard n'a pas paru satisfait des conclusions en ce qui concerne la priorité des inventions de M. Beau de Rochas et il apporte un volumineux dossier touchant les procès d'Otto contre ses prétendus contrefacteurs.

Tout cela n'empêchera pas Otto d'avoir perdu partout, même dans son pays en Allemagne. Il n'y a qu'en Angleterre qu'on a pensé autrement et, il y a lieu de le répéter, cela est très surprenant.

Mais la question est bien tranchée aujourd'hui. Personne ne mettra, en effet, en doute la haute compétence et la parfaite honorabilité du Conseil de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale.

M. Richard lui-même en fait partie et il a dû y défendre ses idées. Or, en décembre 1890, ce Conseil a décerné une médaille d'or à M. Beau de Rochas pour le remarquable brevet-mémoire qu'il a pris en 1862, sur le moteur à gaz, spécialement pour l'*invention du cycle à quatre temps*, universellement adopté aujourd'hui. Il n'y a donc pas lieu d'insister davantage et cela doit trancher définitivement la question.

M. Aug. Moreau croit que toutes les conclusions anglaises ont été établies sur une erreur du début. Le brevet de Beau de Rochas fut bien déposé à la Bibliothèque nationale anglaise, mais pour un motif resté inconnu on oublia de le cataloguer. Quand on se mit à le chercher, on le trouva, paraît-il, au-dessus d'une armoire dans les combles. Si donc il avait été inscrit au catalogue comme cela aurait dû être fait, cela eût constitué une antériorité évidente, même avec cette singulière loi anglaise, et Otto aurait perdu là comme ailleurs.

M. le Président fait observer que M. G. Richard ne conteste pas la question de priorité du brevet, mais indique seulement, en réponse à une interrogation posée par M. Aug. Moreau, pourquoi Otto a gagné son procès en Angleterre.

M. D.-A. Casalonga demande à préciser la raison pourquoi la Compagnie des moteurs Otto a succombé en Allemagne et en France, et pas en Angleterre.

C'est que, dans ce dernier pays, une patente valable est accordée à

quiconque la demande le premier pour une invention non connue *dans le Royaume-Uni*, fût-elle parfaitement connue ailleurs, même publiée.

La brochure de Beau de Rochas, trouvée en Angleterre, après de minutieuses recherches, eût suffi pour détruire, dans ce pays, la nouveauté de l'invention de M. Otto; mais cette brochure, non inscrite au catalogue d'une bibliothèque, n'ayant pas été mise à la disposition du public, a, par ce fait, été considérée comme n'ayant pas existé en Angleterre, avant la demande de la patente de Otto.

La séance est levée à onze heures.

LES MOTEURS A GAZ ACTUELS

Par M. Auguste MOREAU

Le Moteur Niel.

INTRODUCTION

L'Exposition universelle de 1889 présentait dans la classe 52 (machines et mécanique générale), dont le comité avait bien voulu nous confier l'installation et la surveillance, un très grand nombre de sujets d'études des plus intéressants, au premier rang desquels il faut placer les moteurs à gaz.

Le grand développement pris par ces appareils, surtout dans les villes, provient évidemment du besoin de plus en plus impérieux d'introduire la force motrice dans l'intérieur des maisons et de se mettre à l'abri de l'aléa toujours dangereux que présente l'emploi d'un générateur de vapeur, en admettant même qu'on puisse en faire l'installation, car ce n'est pas toujours possible.

Si l'on ajoute à cela une conduite facile et n'exigeant pas la présence permanente d'un mécanicien, l'inutilité de toutes autorisations préalables, et, le plus souvent, l'absence de fondations, on comprendra aisément le succès de plus en plus grand obtenu par ce genre de machines.

En outre, au point de vue du rendement thermique, le moteur à gaz est certainement supérieur à la meilleure machine à vapeur. On s'en rendra compte par la comparaison suivante, que tout le monde peut faire aisément.

Prenons d'un côté un moteur à gaz bien constitué de 3 à 4 chevaux et de l'autre une machine à vapeur à condensation et des plus perfectionnées de 200 à 300 chevaux, car on sait que la machine à vapeur ne manifeste réellement tous ses avantages que dans les grandes forces.

Cette dernière, dans les meilleures conditions industrielles, consomme, par cheval et par heure, 1 *kg* de houille, représentant 8 500 calories.

Un bon moteur à gaz à quatre temps exige au maximum, pour le même travail, 1 000 *l* de gaz dont la puissance calorifique est d'environ 5 300 calories.

Ainsi, 1 cheval est obtenu dans le premier cas par 8 500 calories et dans le second par 5 300 ; la conséquence est facile à tirer. Avec un moteur ne consommant que 800 *l*, ce qui s'obtient couramment aujourd'hui, le rendement thermique du moteur à gaz est le double de celui de la machine à vapeur.

Et comme le faisait remarquer M. Hirsch, dans sa conférence du 17 août 1889 au Trocadéro, cette dernière représente la synthèse des résultats obtenus depuis près de deux siècles par un grand nombre de savants et d'Ingénieurs d'un haut mérite ; elle a été étudiée et perfectionnée dans tous ses détails et il semble que son rendement dynamique devrait être fort élevé. La machine à gaz pratique, au contraire, est toute nouvelle et n'a pas encore la consécration d'une longue expérience.

Par contre, avec le moteur à quatre temps, le plus employé aujourd'hui, on ne donne un coup de piston effectif que pour deux tours de volant ; avec un cylindre de même volume, on n'obtiendra donc que le quart du travail de la machine à vapeur.

Les autres inconvénients des meilleurs moteurs à gaz sont les suivants, qui exigent certaines précautions : d'abord la combustion produit à l'intérieur du cylindre des dépôts solides qui exigent un démontage fréquent pour le nettoyage. De plus, les tiroirs et soupapes d'admission et d'évacuation souffrent beaucoup par l'action des gaz chauds et doivent être souvent réparés, si l'on ne veut avoir des déperditions et une consommation exagérée de gaz pour le même travail. Ces soins spéciaux sont d'autant plus indispensables que ces moteurs sont généralement entre les mains de personnes inexpérimentées. Le graissage présente aussi certaines difficultés.

Depuis quelques années, l'application des moteurs à gaz a été faite en grand à l'éclairage électrique par l'intermédiaire de dynamos. Pendant longtemps ils n'ont pas donné de résultats satisfaisants à cause du peu de régularité de leur marche. Avec les lampes à incandescence, notamment, la lumière manquait complètement de fixité, ce qui la rendait très fatigante pour la vue. On sait qu'on arrive à atténuer cet inconvénient en employant des moteurs à deux cylindres avec un renvoi de transmission intermédiaire entre le moteur et la dynamo. Mais cela est évidemment une complication, demande un grand emplacement et contraint à

des dépenses supplémentaires. Nous verrons plus loin que ces obstacles sont aujourd'hui surmontés. Et cela est fort intéressant, car l'avantage de transformer la lumière du gaz en lumière électrique paraît démontré par les expériences de M. Witz. Ces résultats sont assez curieux pour que nous en donnions ici un court résumé.

M. Witz fut amené à étudier une installation d'éclairage électrique faite à Lille par des arcs et des lampes à incandescence au moyen d'un moteur à gaz actionnant une dynamo. Il put alors comparer la quantité de gaz consommée dans ces conditions à celle que nécessitait l'alimentation des becs de gaz et des lampes intensives ou à récupération placées précédemment dans les mêmes locaux.

Les appareils électriques distribuaient 15 0/0 de lumière de plus que les becs de gaz, ainsi qu'on s'en assura par des expériences directes faites sur les pénombres. En outre, la consommation du gaz fut sensiblement moindre et tomba de 26 000 *l* à 21 500 *l*. Bref, le résultat final fut celui-ci : quand on emploie le gaz à créer de la force motrice pour actionner une dynamo destinée à alimenter des foyers électriques, on dépense 17 0/0 de gaz de moins qu'en brûlant ce gaz directement aux appareils et on produit beaucoup plus de lumière.

Cela paraît, au premier abord, assez paradoxal, à cause de l'emploi des deux intermédiaires, moteur et dynamo; cela n'en est pas moins rigoureusement vrai, et le rendement en lumière de cet ensemble complexe est même fort supérieur à celui des meilleurs brûleurs à gaz.

Le nombre de calories utilisées dans un bon moteur à gaz ou rendement thermique est de 20 0/0; celui de la transmission et de la dynamo, 75; les canalisations et les lampes, 70. Le rendement de l'ensemble, moteur, dynamo, lampe, sera donc :

$$0{,}20 \times 0{,}75 \times 0{,}70 = 0{,}105,$$

et en admettant que le rendement photogénique dans les appareils électriques soit de 50 0/0, le rendement en lumière serait donc 0,05. D'après ce qui a été dit plus haut, celui du gaz d'éclairage est encore inférieur à ce chiffre.

Ce qui précède explique, en résumé, le succès obtenu par les moteurs à gaz dans ces dernières années.

Ainsi, la force moyenne des moteurs vendus en 1878 ne dépassait pas 1 cheval et les machines de 4 chevaux étaient rares. Elle est aujourd'hui de plus de 6 chevaux et l'on construit couramment

des moteurs de 40 à 60 chevaux. L'Exposition de 1889 en présentait même deux de 100 chevaux : un à quatre cylindres, du système Otto, dans le Palais des Machines; un autre, à un seul cylindre, du type Simplex, imaginé par MM. Delamare-Deboutteville et Malandin, était sur la berge, où il actionnait les moteurs hydrauliques de la classe 52; il était alimenté par un gazogène du système de notre distingué collègue, M. Lencauchez.

Avec les machines à cylindres multiples, comme dans le type Otto, on a évidemment plus de latitude pour atteindre les grandes puissances, et la maison Crossley, de Manchester, concessionnaire du brevet Otto pour le Royaume-Uni, a actuellement atteint 140 chevaux. On affirme même que l'on prépara un moteur de 200 chevaux.

Des usines importantes emploient le moteur à gaz pour les grandes forces; ainsi, la maison de constructions mécaniques Crossley frères, citée plus haut, dispose de 300 chevaux. Nous citerons encore les ateliers de peinture sous-marine de Mannlie, la filature de Serguetow, la minoterie militaire de Warchow, les tréfileries de Kordno, et nombre de stations centrales d'électricité, parmi lesquelles celles de Bordeaux, Montpellier, Reims, Toulon, Toulouse, etc.

Nous ne pensons pas cependant que la vérité soit dans l'emploi de ces monstres. Les inconvénients inhérents à ce genre de machines, et spécialement la difficulté du graissage, s'exagèrent dans les grandes puissances, surtout lorsqu'on veut les obtenir avec un seul cylindre.

Une bonne limite nous paraît être 25 chevaux et nous ne pensons pas qu'il soit jamais bien utile de dépasser 50.

En 1889, les exposants, au nombre de 31, avaient apporté 40 types de 53 modèles différents dont la force totale dépassait 1 000 chevaux. Les récompenses décernées furent les suivantes : 7 médailles d'or, 10 d'argent, 3 de bronze et 3 mentions honorables.

On était loin, comme on le voit, des résultats présentés aux Expositions antérieures, de 1867, où il y avait 3 moteurs exposés, et même de 1878, où il y en avait 8; nous ne parlons pas de celle de 1855, où il n'y avait rien dans cet ordre d'idées, quoique l'on connût déjà à cette époque les machines inventées par Lebon et Degrand.

Historique.

Le véritable inventeur du moteur à gaz fut l'abbé Hautefeuille, qui, dès 1678, c'est-à-dire il y a plus de deux cents ans, imagina une machine à élever les eaux, basée sur la force élastique des gaz développés par l'explosion de la poudre à canon. Le premier mémoire d'Huygens, auquel on attribue quelquefois cette invention, ne parut qu'en 1680.

John Barker, en 1791, exécutait une machine à air dilaté obtenu en mélangeant et enflammant deux jets d'air et de gaz carburés. Robert Street, en 1794, employait le gaz produit par la volatilisation d'un liquide, huile de naphte, térébenthine, etc.

C'est le 25 septembre 1799 que l'Ingénieur français Lebon prit un brevet complexe sur l'utilisation du gaz, dans lequel son application au développement des puissances mécaniques est sa principale préoccupation; on y voit que l'éclairage au gaz, qui a pris cependant un si grand développement, n'était pour lui que l'accessoire. On y trouve même indiqué un des perfectionnements les plus importants qui aient été réalisés à notre époque, la compression avant l'inflammation.

Ensuite un grand nombre d'inventeurs poursuivent la même idée avec des machines diverses.

Niepce, en 1806, lance du lycopode avec un soufflet; Herskine Hazard sature l'air d'hydrocarbures; Galy-Cazalat et Dubain emploient l'hydrogène pur.

En 1807, Rivaz propose d'enflammer le mélange explosif avec une bulle d'hydrogène phosphoré.

En 1823, Samuel Brown produit l'inflammation au moyen d'un brûleur logé dans le distributeur.

De 1830 à 1850, on voit la question faire de sensibles progrès et de nombreux inventeurs prendre des brevets. Wright à le premier l'idée d'adapter le régulateur de vitesse à l'admission des gaz (18 avril 1838). Johnston imagine une machine à gaz à condensation. La même année, 1838, William Barnets faisait breveter trois moteurs, un à simple effet, un à double effet et le troisième à compression.

En 1844, John Reynolds indique, pour l'allumage, l'emploi d'un fil de platine porté au rouge par une pile.

En 1850, Shipard se propose d'atteindre le même but au moyen d'une machine électro-magnétique.

Le moteur Otto et Langen, qui fit sensation en 1867, n'est qu'un perfectionnement heureux d'une machine antérieure, à laquelle il ressemble beaucoup et dont le brevet fut pris, le 13 mai 1854, par MM. Barsanti et Mateucci. L'aspect extérieur et les formes générales sont absolument les mêmes ; mais ce moteur était peu pratique ; il ne présentait qu'un détail intéressant : l'allumage, qui se faisait au moyen d'étincelles électriques produites par une pile de Bunsen et un appareil de la Rive ; ce dernier a été remplacé plus tard dans nombre de moteurs, celui de Lenoir en particulier, par une bobine de Rumkorff.

L'embryon du cycle à quatre temps, généralement adopté aujourd'hui, se voit déjà dès 1858 dans un brevet pris par Degrand, et où, au milieu d'un certain nombre d'applications du moteur à gaz, il décrit un moteur à compression ; seulement les moyens mécaniques indiqués pour la réalisation de ce moteur étaient absolument impraticables.

Le moteur Hugon à inflammation à double effet a été breveté le 11 septembre 1858.

En 1860, William Siemens construisit également un moteur dont il ne donna connaissance qu'en 1882 à la Société des Ingénieurs civils de Londres. Or, pendant ce temps, les autres inventeurs avaient fait du chemin.

En somme et jusqu'à ce moment, comme dit M. Witz (1), le moteur à gaz était inventé, mais il ne marchait pas.

Le 24 janvier 1860, fut pris par Lenoir le brevet du premier moteur à gaz réellement pratique, de sorte que l'on peut considérer cet Ingénieur comme le véritable fondateur de l'industrie des moteurs à gaz, quoique l'inflammation électrique fût défectueuse et la consommation considérable (3000 *l* par cheval-heure).

En 1862, M. Hugon, directeur de la Compagnie parisienne du Gaz, reprit son brevet de 1858 et fit une sérieuse concurrence au moteur Lenoir. L'inflammation se faisait au moyen d'un brûleur et le cylindre était refroidi à l'intérieur par une injection d'eau pulvérisée, dont la force expansive s'ajoutait à celle du gaz. Il en résultait un meilleur rendement et une grande économie d'huile et de l'eau de refroidissement circulant dans la double enveloppe du cylindre. M. Tresca évalua, à la suite d'essais, la consommation à 2 445 *l* par cheval-heure.

En 1861, des Ingénieurs anglais, Kinder et Kinsey, appliquèrent

(1) Witz. *Traité théorique et pratique des Moteurs à gaz*. Bernard, éditeur.

la compression préalable imaginée par Lebon. La consommation du gaz s'abaissa à 2 000 *l* par cheval et par heure.

Mais c'est en 1862 que cette idée de la compression préalable prit corps nettement et fut exprimée par M. Beau de Rochas dans un brevet très détaillé et resté célèbre, concernant plusieurs questions scientifiques. Les théories qu'il expose ont eu des conséquences considérables et en auront peut-être encore plus tard, après une étude plus approfondie et à la suite de nouveaux besoins. Nous croyons intéressant de donner ci-dessous un résumé de ce mémoire, le plus remarquable peut-être qui ait été pris sous forme de brevet.

L'auteur pose d'abord les principes suivants concernant le meilleur emploi de la force élastique du gaz. Cet effet dépend :

1° Du maximum de volume des cylindres correspondant au minimum de surface extérieure, afin d'éviter les pertes de chaleur par les parois ;

2° De la vitesse maximum possible de marche, car le refroidissement est également d'autant plus grand que la marche est plus lente ;

3° De la détente maximum, ce qui est évident comme pour la vapeur ;

4° De la pression maximum à l'origine de la détente, ce qui est une conséquence des précédents.

De ces principes fondamentaux il déduit qu'il faut comprimer le plus possible le mélange inflammable avant de l'allumer, tout en se maintenant dans les limites imposées par la pratique. Il y a intérêt à n'employer qu'un seul cylindre, afin de lui donner les plus grandes dimensions possibles, et de réduire au minimum les résistances opposées par les gaz. De là il conclut que la meilleure machine est celle qui, pour un côté du cylindre, réalisera les quatre phases du cycle, appelé pour cela cycle à quatre temps et que nous retrouverons plus loin.

En 1867, il n'y avait que trois types exposés : les machines de Lenoir et de Hugon, à cylindre horizontal à double effet, utilisant directement sur les deux faces du piston la puissance explosive du mélange détonant : le gaz et l'air étaient aspirés par le piston lui-même pendant la moitié de sa course ; l'allumage s'obtenait, à la pression atmosphérique, par un bec de gaz dans le système Hugon et par une étincelle électrique dans le moteur Lenoir. Pour donner une idée des progrès réalisés depuis, nous rappellerons que ces machines consommaient de 2 500 à 3 000 *l* de

gaz par cheval et par heure, alors qu'aujourd'hui on arrive à 800 et quelquefois moins pour des machines de même force.

On remarquait en même temps un moteur d'un système tout différent dû à des industriels qui ont acquis depuis une juste célébrité, MM. Otto et Langen. C'était, nous l'avons dit, la machine de MM. Barsanti et Mateucci perfectionnée. Le piston placé dans un cylindre vertical était projeté en l'air par l'explosion du gaz, et c'est sa chute en sens opposé, sous l'influence de la pression atmosphérique, qui déterminait le travail. Le mélange explosif, avant d'être enflammé, était aspiré par le piston lui-même pendant une partie de sa course ascendante. Un mécanisme assez compliqué rendait la tige du piston solidaire de l'arbre moteur seulement à la descente et indépendante à la montée.

La base de ce mécanisme était un rochet à crémaillère qui a fait donner à l'ensemble le nom de *moteur à crémaillère.*

Pour les plus petites forces, la consommation du gaz ne dépassait pas 800 *l* par cheval et par heure, comme aujourd'hui. Il y avait donc là un très important progrès de réalisé. Néanmoins, le moteur à crémaillère fut abandonné, même par ses inventeurs, malgré son rendement supérieur à celui des machines à quatre temps, à cause de la complication de son mécanisme et du bruit insupportable accompagnant chaque explosion.

Le moteur de Bisschop parut en 1870 et eut un réel succès dans la petite industrie. Il se serait certainement répandu encore beaucoup plus, si Otto n'avait pas construit le nouveau moteur qui porte son nom et qui prit rapidement une si grande extension.

Moteur Otto.

Nous arrivons au moteur Otto, qui présente une nouvelle phase éminemment pratique dans l'industrie des moteurs à gaz.

Le premier brevet d'Otto date de 1876 et comporte deux moteurs, un sans compression, rapidement abandonné à cause de sa grande consommation, et l'autre à compression préalable.

Un autre brevet, pris en 1877, apportait des perfectionnements au tiroir et à certains organes de détail.

Une théorie spéciale exposée dans le brevet de 1876 attache une grande importance à une certaine quantité de produits de la combustion que l'on conserve dans le cylindre ; on la fait suivre d'une couche d'air pur introduite au commencement de l'admission et enfin du mélange combustible de gaz et d'air.

M. Otto attribue à cette manière de faire une inflammation successive de proche en proche du mélange gazeux et par suite une détonation moins brutale, une marche plus douce en même temps qu'une certaine économie de gaz. Des analyses ont paru démontrer que cette stratification des couches était bien conforme à l'hypothèse (1) ; certaines personnes cependant pensent que ces idées purement théoriques ne reposent sur aucun fondement et que les produits de la combustion ont été conservés parce qu'il n'était pas possible de faire autrement sans compliquer la machine ; ce qui n'empêche pas le moteur Otto d'avoir été longtemps le meilleur au point de vue industriel.

L'allumage des moteurs de force ordinaire, c'est-à-dire au-dessous de 8 chevaux, se fait au moyen d'un tiroir de distribution qui présente un mélange de gaz et d'air, enfermé dans une petite chambre spéciale de la plaque mobile, en face d'un brûleur permanent qui l'enflamme à la pression atmosphérique. On transporte ensuite cette flamme devant une ouverture pratiquée dans le fond du cylindre, et pour que la haute pression qui règne dans celui-ci n'entraîne pas d'extinction, on met d'avance, une fois la chambre d'allumage isolée du brûleur par le mouvement même du tiroir, cette chambre en communication par un petit conduit avec l'intérieur du cylindre afin d'élever progressivement la pression de la flamme jusqu'à ce qu'elle se trouve en équilibre avec celle du mélange comprimé.

Il y a là de toutes façons une phase fort délicate, car la durée du transport proprement dit de la flamme doit être courte si on ne veut la voir s'éteindre. Or, on ne peut la régler qu'en limant plus ou moins les bords de la chambre d'allumage, ce qui ne peut se faire que par tâtonnement et avec précaution si l'on ne veut pas voir l'explosion se produire au brûleur même et celui-ci s'éteindre net.

Pour assurer encore l'inflamation, on remplit l'orifice du fond du cylindre par un mélange plus riche en gaz ne contenant aucun produit de la combustion du coup précédent et sur lequel la flamme mobile a naturellement plus d'action.

Mais ce système n'est pas à l'abri de toute critique : d'abord il est incontestablement compliqué ; puis la flamme d'allumage qui brûle intérieurement dépose sur les parois de tous les orifices une couche de noir de fumée qui atteint rapidement une épaisseur sensible et les encrasse. Or, nous avons vu plus haut que le réglage

(1) Gustave Richard. *Les moteurs à gaz.* 1891.

du tiroir tenait à un coup de lime de plus ou de moins ; la bonne marche de celui-ci est donc rapidement modifiée par ces dépôts charbonneux qu'il faut enlever fréquemment par un nettoyage soigné. Ensuite le tiroir, surchauffé par la flamme qui brûle constamment, dans son intérieur, tend à prendre une forme cintrée qui, ajoutée à la volatilisation et à la combustion des huiles, des graisses, entraine souvent des grippements.

On ne peut non plus supprimer les manques d'allumage ou ratés, quelque bien réglé que soit le tiroir ; ils proviennent soit d'un manque d'inflammation au brûleur ou d'une extinction de la flamme intérieure, soit d'une insufflation du cylindre provenant d'un équilibre mal établi entre celui-ci et la chambre d'allumage. Et ces inconvénients sont surtout accusés quand on emploie du gaz pauvre et moins inflammable, qui est la solution de l'avenir. Avec les moteurs d'une grande force en particulier, où le volant est lourd à entraîner à la main, la mise en marche est fort difficile ; car le tiroir ne glisse généralement pas assez vite pour que la flamme ne s'éteigne pas avant d'avoir produit son effet sur les gaz du cylindre.

Si l'on emploie l'allumage électrique, comme l'a fait M. Lenoir, au moyen de fils de platine entre lesquels jaillit une étincelle, les inconvénients sont d'une nature différente, mais peut-être encore plus nombreux. D'abord la mise en route est toujours plus difficile même avec les plus petits moteurs ; en effet, au début, lorsque le métal commence à s'échauffer, il se produit des condensations de vapeur d'eau qui recouvrent les fils de buée et empêchent l'étincelle de se produire régulièrement. Pendant le fonctionnement courant, les électrodes se couvrent d'huile ou bien de dépôts charbonneux et le courant se trouve de nouveau intercepté.

Et cependant on ne connaît pas d'autres modes d'allumage que ces deux-là : l'emploi d'une flamme ou l'étincelle électrique. Au point de vue du choix à faire entre ces deux systèmes, les avis des nombreux inventeurs de ces dernières années paraissent partagés ; néanmoins, l'inflammation directe paraît être moins capricieuse et fournir moins de ratés, quand le système est bon, avec un tube de fer chauffé au rouge par exemple ; l'étincelle a le seul avantage théorique de présenter une plus grande puissance d'inflammation, ce qui peut avoir de l'intérêt quand on emploie les gaz pauvres.

Les Moteurs à Gaz en 1878.

En 1878, les moteurs à gaz étaient au nombre de huit, savoir : Bisschop, exposé par MM. Mignon et Rouart; Brayton, Gilles, Hugon, Lenoir, Ravel (machine à centre de gravité variable différente de celle de 1889), Otto, et Simon et fils, de Nottingham.

Les systèmes Hugon et Lenoir étaient sensiblement les mêmes qu'en 1867. Quant aux six autres, ils étaient entièrement nouveaux et nettement différents entre eux.

Tous ces types, très ingénieux, ont été depuis longtemps maintes fois décrits dans les revues industrielles et nous ne nous y arrêterons pas. Nous dirons seulement que celui qui parut ressortir comme véritablement pratique et industriel fut le moteur Otto, exposé par M. Sarrazin dans la section française et par MM. Fetu et Deliége dans la section belge ; ce moteur a fait d'ailleurs l'objet de communications importantes à la Société des Ingénieurs civils.

On y faisait l'application immédiate du principe du cycle à quatre temps imaginé et breveté depuis 1862, comme nous l'avons dit plus haut, par M. Beau de Rochas. Celui-ci vient d'ailleurs d'obtenir pour cette invention une médaille d'or (d'un tribunal aussi honorable que compétent) de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale (décembre 1890).

A la vérité, Otto réclama de son côté la priorité de cette invention ; mais, des procès qui résultèrent, cette réclamation ne fut pas reconnue fondée : à Paris comme à Leipzig on donna tort à Otto et l'on reconnut les droits de M. Beau de Rochas. Les tribunaux de Londres seuls furent d'un avis contraire. On ne sait trop pourquoi.

Quoi qu'il en soit, nous rappellerons ce principe qui est fondamental : dans une première course, le piston aspire le mélange de gaz et d'air qui doit être plus tard enflammé : c'est le premier temps.

Ce mélange est ensuite comprimé par le piston dans sa marche rétrograde ; cette compression a lieu soit dans le cylindre lui-même, soit dans une chambre spéciale lui faisant suite : c'est le deuxième temps.

Le troisième temps est représenté par l'inflammation du mélange et la projection en avant du piston.

Enfin dans le quatrième temps le piston revient encore en arrière et expulse au dehors tout ou partie des produits de la combustion.

En général, on a intérêt à conserver une partie, un quart par exemple, des produits brûlés.

On arriva ainsi, sans aucune complication de mécanisme, à ne plus consommer que 1 000 *l* de gaz par cheval et par heure, c'est-à-dire un peu plus que la machine atmosphérique à crémaillère. Ce résultat était surtout dû à la compression préalable du gaz avant l'allumage, et l'on peut dire en effet que le rendement d'un moteur à gaz croît proportionnellement à cette compresston, lorsqu'on ne dépasse pas 8 ou 9 atmosphères.

En pratique, cependant, celle-ci a besoin d'être limitée afin de conserver au moteur la douceur indispensable à sa bonne marche, à sa régularité et à la conservation même de son mécanisme, enfin une température d'explosion non trop élevée permettant le graissage.

Cela posé, les moteurs exposés en 1878, comme tous ceux qui ont vu le jour depuis, peuvent rentrer dans la classification suivante que nous empruntons à M. G. Richard, qui fait autorité en la matière :

1re classe. — Moteurs à explosion sans compression préalable (Lenoir, Hugon, Bisschop, Otto et Langen, Gilles).

2e classe. — Moteurs à explosion ou combustion avec compression préalable (Otto, Brayton, Simon).

M. Witz, dont la compétence est également très grande dans ces questions, subdivise ces deux classes en quatre comme suit :

1° Moteurs à explosion sans compression préalable (genre Lenoir, Hugon, de Bisschop).

2° Moteurs à explosion avec compression préalable (genre Otto).

3° Moteurs à combustion avec compression préalable (genre Brayton et Simon).

4° Moteurs atmosphériques (genre Otto et Langen, Gilles).

Les rendements thermiques théoriques de ces différents types sont, d'après M. Witz, en admettant 5 400 calories pour puissance calorifique du mètre cube de gaz d'éclairage :

1er type	0,23
2e —	0,38
3e —	0,31
4e —	0,45

Les consommations théoriques de gaz de ces moteurs devraient être :

1er type	520 *l*
2e —	315
3e —	380
4e —	285

En réalité, dans la pratique, on ne peut tomber au-dessous de :

1er type	2 000 *l*
2e —	800 à 900
3e —	900 à 1 000
4e —	700 à 800

A ces chiffres il faut ajouter 40 à 50 *l* d'eau dont la circulation autour du cylindre est à peu près indispensable et un supplément d'huile de graissage pour le cylindre ne dépassant pas 0,15 *f* par jour.

Les coefficients d'utilisation pratique sont donc :

1er type	0,25
2e —	0,37
3e —	0,42
4e —	0,38

Ces coefficients augmentent évidemment avec la puissance, et l'on sait que celle-ci se développe chaque jour.

On a complètement renoncé aujourd'hui aux deux derniers types, malgré leur rendement élevé, car la réalisation industrielle de leurs cycles a été reconnue peu pratique. On ne construit donc plus que les deux premiers.

Malgré leur rendement très faible en effet, les machines du premier type rendent encore des services, surtout pour les petites forces. Cela tient à la simplicité de leur forme qui permet de les construire et de les vendre très bon marché. Elles ont cependant de véritables concurrents dans les moteurs du second type qu'on arrive aujourd'hui à fabriquer presque au même prix, même pour de très petites forces.

Néanmoins, l'avantage reste entier aux moteurs du premier type pour les forces au-dessous de 1/4 de cheval.

Ajoutons que l'on fait en ce moment des efforts très sérieux pour perfectionner le troisième type par l'adjonction d'un régénérateur auquel il semble se prêter mieux que les autres.

En résumé, actuellement le véritable moteur à gaz industriel et commercial est celui du deuxième genre à compression suivie d'explosions à cause de la supériorité de son rendement.

La compression préalable du mélange explosif a en effet pour résultat de diminuer la déperdition de chaleur par les parois en réduisant les surfaces en contact avec les gaz au moment de leur inflammation. Celle-ci se fait aux environs de 1 800°, tandis que les parois, pour assurer un bon graissage, chose si fondamentale dans ce genre de machines, ne doivent pas dépasser 300°, ce qu'on obtient généralement par une circulation d'eau froide. On voit immédiatement par là l'influence que peuvent avoir ces parois sur le rendement.

Les chiffres ci-dessous que nous empruntons à un excellent travail de M. Wehrlin (1) fixeront les idées.

Prenons par exemple le moteur Otto installé dans de bonnes conditions et consommant par cheval et par heure 900 *l* de gaz qui dégagent 4 800 calories.

Sur ce chiffre 2100 calories sont absorbées par l'eau de refroidissement qui circule autour du cylindre.

900 calories sont entraînées à la fin de la détente par les produits de la combustion dont l'échappement a lieu à 400° environ.

150 calories sont consommées pour vaincre les résistances passives de la machine.

650 calories sont transformées réellement en travail d'après la théorie mécanique de la chaleur.

Et les 1 000 calories qui restent sont absolument perdues; elles sont inutilisables : cela tient à ce que dans les moteurs à gaz, comme dans n'importe quelle machine thermique, il est impossible pratiquement de réaliser un cycle dans lequel toute la chaleur disponible soit complètement transformée en travail. En prenant même le cycle idéal de Carnot qu'on ne peut jamais atteindre en pratique

$$R = \frac{T - t}{T},$$

on voit que les gaz devraient être refroidis à ce qu'on est convenu d'appeler le zéro absolu $t = -273°$ pour que le rendement fût égal à l'unité. Or cela est complètement impossible.

La seule objection que l'on puisse faire à la marche à quatre temps, c'est, avons-nous dit, qu'elle ne donne qu'une seule impulsion utile pour deux tours de volant.

Aussi certains inventeurs tentèrent-ils d'aborder la marche à deux temps, tout en conservant la compression préalable. Leur

(1) *Les moteurs à gaz et à pétrole à l'Exposition universelle de 1889.* Conférences visites des Anciens Élèves de l'École centrale.

but était surtout d'obtenir plus de régularité dans la marche et une machine moins encombrante. (Type Benz.)

Ces avantages, qui d'ailleurs ne paraissent pas avoir toujours été obtenus d'une façon aussi satisfaisante qu'on l'annonce, sont détruits en partie par une consommation plus forte de gaz pour le même travail. La vitesse normale d'un moteur à gaz doit être en effet au moins de 160 à 200 tours par minute pour atténuer l'influence nuisible des parois. Dans les machines à deux temps, où l'inflammation a lieu plus souvent, elle devra plutôt se rapprocher de 200 tours.

Les inflammations se succèdent alors d'un même côté du piston à 1/3 de seconde d'intervalle, et c'est entre deux inflammations successives que doivent se produire les quatre périodes fondamentales : aspiration, compression, explosion et échappement. On comprend que, vu la rapidité avec laquelle se succèdent ces différentes phases, il soit très difficile de rester maître de la formation et, par suite, de la composition du mélange explosif.

En outre, une machine à deux temps doit nécessairement être accompagnée d'une pompe de compression constituée généralement par l'avant du piston. Cela exige la fermeture de l'avant du cylindre qui reste toujours ouvert dans les machines à quatre temps. Il en résulte que la visite de l'intérieur de celui-ci est beaucoup moins facile, et on sait que cette opération doit avoir lieu très fréquemment dans les moteurs à gaz; il faut donc qu'elle se fasse commodément et avec rapidité.

Il n'y avait à l'Exposition de 1889 que six types de moteurs à deux temps sur 53 exposés.

Un dernier essai tenté en Angleterre amena la création du moteur Griffin à six temps, savoir : quatre temps identiques à ceux du cycle de Beau de Rochas, auxquels en succèdent deux autres pendant lesquels le piston aspire et refoule de l'air frais afin d'expulser complètement les produits de la combustion ; on sait que dans les moteurs à quatre temps ceux-ci restent partiellement dans la chambre de compression. Le but de l'inventeur a été évidemment d'augmenter la pression au moment de l'explosion en enflammant des gaz plus purs. Mais cet avantage doit être fortement atténué par l'introduction de l'air froid qui vient abaisser la température des parois et augmenter leur effet nuisible. Enfin l'adjonction des cinquième et sixième temps doit incontestablement donner une marche encore moins régulière que celle des moteurs à quatre temps.

En résumé, ces derniers doivent donc être préférés sous tous les rapports, et c'est ce qu'ont paru comprendre les constructeurs qui se sont généralement attachés à perfectionner ce type. La plupart des moteurs exposés en 1889 étaient des moteurs à quatre temps.

La *Lumière électrique* des 16, 23 et 30 mars 1889 publiait, sous la signature de M. G. Richard, l'analyse d'un très remarquable rapport de la Société des Arts, de Londres, sur la comparaison à établir entre les moteurs Otto, Griffin et Atkinson. Nous venons de signaler le moteur Griffin à six temps et à double effet; chez M. Atkinson, le piston présente une course accélérée pendant la période motrice afin d'éviter les pertes par les parois.

Le rapport fut rédigé par trois savants ayant une grande autorité de l'autre côté du détroit, MM. Hopkinson, Kennedy et Beauchamp-Tower; les conclusions en sont résumées dans le tableau suivant :

	Otto-Crossley	Atkinson	Griffin
Puissance nominale en chevaux .	9	6	8
Travail au frein	14,74	9,48	12,5
Consommation par cheval-heure.	680 *l*	640 *l*	808 *l*
Pouvoir calorifique du gaz par mètre cube	5 570	5 690	5 510
Compression.	5,30 *kg*	3,5 *kg*	4,3 *kg*

On voit immédiatement que le type à quatre temps l'emporte sur le genre Griffin et qu'il n'y a aucun intérêt à évacuer complètement les produits de la combustion. Pour le moteur Atkinson en particulier, le bénéfice réalisé par l'accélération de la course du piston à l'aller diminue bien les pertes par les parois; mais, outre que cette modification n'est obtenue qu'au moyen d'une assez grande complication de mécanisme, le bénéfice ainsi réalisé est complètement détruit par les excédents de pertes dues à l'échappement. Le tableau suivant met ces résultats bien en évidence :

	Otto-Crossley	Atkinson
Chaleur convertie en travail	22 0/0	23 0/0
— emportée par l'eau	43 0/0	27 0/0
— emportée par les gaz d'échappement	35 0/0	50 0/0

Et cela est général : il ne faut pas craindre de refroidir les parois. Lorsqu'on cherche à diminuer la quantité de chaleur emportée par l'eau de circulation, le bénéfice est perdu par l'échappement

où se retrouve toute la chaleur que l'eau n'a pas prise, la chaleur produisant du travail utile étant à peu près toujours la même. De plus, il est indispensable que l'eau refroidisse bien les parois pour permettre un bon graissage, point absolument capital, nous ne saurions trop le répéter, dans les moteurs à gaz.

On conçoit que l'idée soit venue d'utiliser la chaleur entraînée par les produits de la combustion, et généralement perdus. Le moteur Simon de Nottingham, exposé en 1878, cherchait à résoudre ce problème en faisant passer les gaz de l'échappement à travers une série de tubes appartenant à une chaudière pleine d'eau et en communication avec les enveloppes servant à refroidir les cylindres. On sait qu'il y a deux cylindres dans cette machine, un grand dans lequel se produit le travail, et un petit dans lequel ont lieu l'aspiration et la compression. L'eau d'alimentation, fournie par une petite pompe, pénètre d'abord dans l'enveloppe du cylindre de compression, passe ensuite dans celle du cylindre moteur, et arrive enfin, déjà fortement chauffée, dans la chaudière précitée placée au-dessous des deux cylindres, où elle est enfin vaporisée.

On attend un certain temps au début, environ trois quarts d'heure, et la pression de cette vapeur devient égale à celle des gaz du cylindre moteur : on l'utilise alors elle-même pour produire du travail en la mettant, au moment utile, en communication avec le cylindre.

M. Simon ne donne aucune conclusion sur l'efficacité de ce système et ne fournit aucun résultat d'expérience démontrant qu'on a bien augmenté ainsi le travail produit. Il fait seulement remarquer que la vapeur ainsi envoyée constitue un excellent lubrifiant pour le piston.

Emploi des gaz pauvres.

Nous croyons, avec les spécialistes, que l'avenir du moteur à gaz dépend des progrès que réaliseront les fabrications des gaz *pauvres*, dont le prix pourra être moins élevé que celui des Compagnies spéciales. Les gros moteurs que l'on voit, entre autres, installés en France dans les stations centrales d'électricité, n'ont pas à se préoccuper de l'élément le plus important, la fourniture du gaz, car l'entreprise d'éclairage électrique y est faite par les Compagnies gazières elles-mêmes.

Or, le gaz à 0,30 *f* le mètre cube revient environ quinze fois plus

cher que le charbon, à égalité de chaleur produite, et met la machine à gaz dans un état d'infériorité caractérisée sur la machine à vapeur, lorsqu'il s'agit de produire un travail continu.

Le gaz pauvre généralement employé s'obtient par la décomposition bien connue de la vapeur d'eau au moyen du charbon porté au rouge. Théoriquement cela donne :

$$Ho + C = Co + H.$$

En pratique, l'oxyde de carbone et l'hydrogène produits, gaz éminemment combustibles, sont forcément mélangés d'air, c'est-à-dire d'azote, gaz inerte dont la proportion atteint aisément celle des deux autres totalisés, c'est-à-dire trois volumes. Aussi, la puissance calorifique de ce produit n'est guère que de 1 400 calories, c'est-à-dire environ le quart de celle du gaz d'éclairage ordinaire. Il faudra donc, pour produire le même travail, quatre fois plus de gaz pauvre que de gaz d'éclairage. De plus, la présence de ces gaz inertes dans le cylindre réduit environ de 1/5 la puissance du moteur. On peut, d'ailleurs, atténuer un peu cet inconvénient en augmentant la compression préalable du mélange introduit.

Si l'on emploie le gaz pauvre, il est préférable de faire usage, pour sa fabrication, d'anthracite, qui est beaucoup plus pure que la houille ordinaire et dispense de faire subir au gaz aucune épuration chimique.

Dans ces conditions des essais suivis, faits sur un moteur Otto de 20 chevaux, travaillant seulement à 12 chevaux, ont donné une consommation d'anthracite de 760 *g* par cheval et par heure, et une dépense d'eau de 600 *g* (M. Wehrlin).

Avec un moteur Simplex de 50 chevaux, fonctionnant dans les mêmes conditions avec gazogène depuis plus de deux ans dans la minoterie de M. Barataud, à Marseille, la consommation ne dépassait pas 500 *g* d'anthracite par cheval et par heure.

Les renseignements suivants, extraits du *Journal of Gaz Lighting* et publiés dans *la Revue industrielle* du 5 septembre 1891, confirment pleinement les résultats d'expériences obtenus par M. Witz sur la machine à gaz Simplex de 100 chevaux.

Les représentants de la maison Otto en Amérique, MM. Sleicher, Schumen et Cie, de Philadelphie, ont construit un moteur de 100 chevaux actuellement en fonctionnement à Rockfield (Ohio).

C'est une machine à deux cylindres placés l'un au-dessus de l'autre avec bielles motrices reliées entre elles : la distribution se fait par soupapes et l'allumage par tube incandescent. L'alimen-

tation est faite par du gaz à l'eau, et la consommation aurait été trouvée, dans de récents essais, de 454 *g* d'anthracite par cheval et par heure effectuée. Le moteur est destiné à l'éclairage électrique et actionne une dynamo.

La section de mécanique de l'Université de Philadelphie a été vivement intéressée par ces résultats, qu'elle se propose de constater elle-même dans des essais officiels.

Le moteur à gaz de grande puissance serait donc finalement plus économique que la machine à vapeur, mais à la condition absolue d'être alimenté par des gaz pauvres.

Nous ferons cependant, avec M. Hospitalier (V. *la Nature* du 14 février 1891), des réserves sur la mise en marche, le fonctionnement et l'entretien des gazogènes ; toutes ces choses sont actuellement beaucoup plus délicates et beaucoup plus compliquées que lorsqu'il s'agit d'une chaudière à vapeur.

Puis les gaz pauvres fabriqués au gazogène présentent certainement des dangers au point de vue hygiénique à cause de la forte proportion d'oxyde de carbone qu'ils contiennent et qui, comme on le sait, est non seulement asphyxiant mais délétère. Et les précautions contre ce fluide sont à peu près impossibles, car il traverse la tôle et la fonte, surtout lorsque leurs pores sont dilatés par la chaleur, avec la plus grande facilité ; c'est à cause de cela surtout que les poêles mobiles à tirage lent sont tous mortels : on n'est jamais sûr d'être à l'abri des émanations toxiques, même quand on croit avoir pris les précautions les plus sérieuses : joints hermétiques, etc.

Or, n'oublions pas que l'emploi du moteur à gaz est surtout indiqué dans les maisons, ateliers, etc., où l'on est gêné par l'espace, c'est-à-dire où le gazogène, avec ces inconvénients graves, sera encore plus difficile à tolérer qu'un générateur.

Ajoutons pour terminer que l'un des obstacles au progrès des moteurs à gaz en France, en dehors du prix élevé de la matière première, le gaz, a été la redevance élevée prélevée par les auteurs des brevets. La petite industrie surtout, qui est le client tout indiqué du moteur à gaz, est peu empressée d'acheter une machine qui coûte généralement plus de 1 000 *f* par cheval pour les petites forces. Ainsi, un moteur de 2 chevaux se vend rarement en France moins de 2500 *f* et un de 4 chevaux 3500 *f*. Et encore, à ces prix, convient-il d'ajouter le plus souvent un socle en fonte coûtant à lui seul de 250 à 300 *f*.

LES MOTEURS A GAZ A L'EXPOSITION DE 1889

On comprend, d'après ce qui précède, le développement considérable pris par l'industrie des moteurs à gaz. On en aura une idée plus exacte quand on saura que de 1791 à 1860, première période qui aboutit au moteur Lenoir, on avait pris 40 brevets sur la matière. Depuis cette époque jusqu'aujourd'hui, on en compte près de 800 dans lesquels on trouve à peu près toutes les idées utiles à appliquer, qui l'ont été ou le seront ultérieurement.

La plupart des nouveaux moteurs à gaz se distinguent des anciennes machines à détente, telles que celles de Lenoir et de Hugon, par une utilisation beaucoup plus complète de la chaleur produite par la combustion d'un mélange de gaz d'éclairage et d'air atmosphérique, et des machines à explosion ou atmosphériques, par la suppression du bruit et des secousses imprimées aux fondations de l'appareil.

Nous empruntons encore au travail de M. Wehrlin le tableau suivant des moteurs à gaz ayant figuré à l'Exposition universelle de 1889. Une seule maison, la plus importante il est vrai, la maison Otto de Cologne, en avait vendu au 30 juin 1889 un nombre de 31 000 représentant 110 000 *ch* à répartir dans le monde entier.

Nous n'entreprendrons pas la description de tous les moteurs renfermés dans ce tableau et cela d'autant plus qu'elle a été faite dans nombre d'ouvrages spéciaux et dans les revues techniques parmi lesquelles nous devons signaler *le Génie civil*, la *Revue industrielle*, le *Moniteur industriel*, etc.

A la vérité ils présentent tous quelque particularité intéressante nécessitant d'être signalée. Nous nous bornerons aujourd'hui à l'étude du moteur Niel pour deux raisons : d'abord parce que c'est l'un de ceux qui réalisent le plus de progrès sur les anciens types ; ensuite parce que nous avons été appelé à en faire tous les essais au double point de vue du rendement et de la consommation.

Nous pouvons donc sous ce rapport, fournir, en parfaite connaissance de cause, des chiffres absolument authentiques.

Tableau des Moteurs à Gaz et à Pétrole

AYANT FIGURÉ A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1889

MOTEURS A GAZ

			SYSTÈME	CONSTRUCTEUR OU EXPOSANT	MODÈLE	FORCE EN CHEVAUX
1er TYPE sans compres.	A 2 TEMPS	FRANCE	Bischopp	MM. Rouart frères	Vertical	1/4.1/2
			Bénier	Compag. paris. d'écl. électriq.	id.	1/2.1
			Forest	M. Forest	Horizontal	1/4.1/2.1
			La Viornerie	M. La Viornerie	Vertical	1/2
2e TYPE avec compression	A 2 TEMPS	FRANCE	Ravel	Comp. des Mot. à Gaz français.	Horizontal	2 à 25
			Bentz	MM. Panhard et Levassor	id.	2
			Mire	M. Mire	id.	1/4.1/2
		ANGLETERRE	Dot	MM. Taylor	Vertical	1
			Midland	id.	Horizontal	2
		ETATS-UNIS	Baldwin	Ottis et Cie	Horizontal	4
	A 4 TEMPS	FRANCE	Otto	Comp. Franc. des Mot. à Gaz	Domestique	1/4.1/8
			id.	id.	Vertical	1 à 4
			id.	id.	Horizontal 1 cylindre	1/2 à 25
			id.	id.	— 2 —	50 à 60
			id.	id.	— 4 —	100
			Simplex	MM. Powell et Cie	— 1 —	1 à 100
			id.	Chantiers de la Buire	— 1 —	8 à 20
			Lenoir	MM. Rouart frères	— 1 —	2 à 4
			id.	id.	— 2 —	8
			id.	Compagnie parisienne du Gaz	— 1 —	4.8
			id.	id.	— 2 —	8 à 24
			Niel	M. Niel	Horizontal	2
			Noël	M. Noël	id.	1/4.1
			Etincelle	MM. Gottendorf et Cie	id.	1.2
			Incomparable	M. Charron	id.	4
			Salomon et Tenting	MM. Salomon et Tenting	id.	1.2
			Durand	M. Durand	id.	4
			Forest et Pers	M. Delabaye	id.	6
			Kœrting	MM. Boulet et Cie	Vertical	1/2 à 5
		ANGLETERRE	Otto-Crosley	MM. Crosley et Cie	Domestique	1/2
			id.	id.	Vertical	1
			id.	id.	Vertical avec pompe	2
			id.	id.	Vertical avec treuil	4
			id.	id.	Horizontal 1 cylindre	1 à 28
		BELGIQUE	Heinen	M. Vomberg	Vertical	1
			Sombart	Société d'éclairage de Menin	id.	1
			Ragot	Soc. des Moteurs inexplosiblos.	id.	3
			Otto	MM. Fétu et Defize	id.	3
			id.	id.	Horizontal 1 cylindre	8
			id.	id.	— 2 —	5
		SUISSE	Martini	MM. Martini et Cie	Horizontal	1
			Kœrting	Société suisse Winterthur	Vertical 2 cylindres	3
	6 temps	ANGLETERRE	Griffin	M. Pierson	Horizontal	4

MOTEURS A PÉTROLE

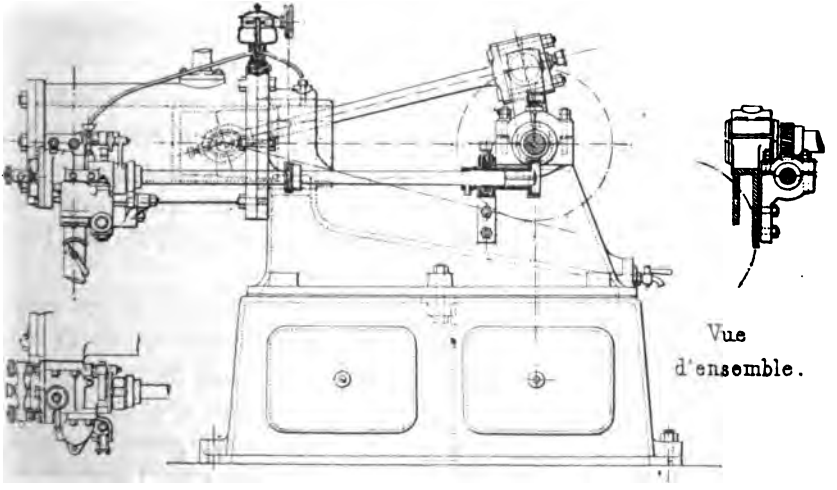
2e TYPE avec compression	2 TEMPS	FRANCE	Bentz	M. Roger	Horizontal	2
			id.	id.	Pour voiture	1
			id.	id.	Pour bateau	2
	A 4 TEMPS	FRANCE	Otto	Cie française des Moteurs à Gaz	Horizontal	1 à 4
			Lenoir	MM. Rouart frères	id.	1
			id.	id.	Locomobile	4
			Noël	M. Noël	Horizontal	1/4.1
			Daimler	MM. Panhard et Levassor	Vertical 2 cylindres	3
			id.	id.	Pour bateau	2
			id.	id.	Pour tramway	1
			Durand	M. Durand	Locomobile	4
			Sécurité	M. Diederichs	Horizontal	3
		BELGIQUE	Ragot	Soc. des Moteurs inexplosibles	Vertical	3

MOTEUR NIEL

Généralités.

Le moteur Niel fait partie de la catégorie des machines dont le cycle présente quatre temps, suivant le type imaginé par Beau de Rochas; la compression se faisant dans le cylindre même où se produit le travail, avec une explosion en charge tous les deux tours de volant. On sait que ce système présente l'avantage d'une consommation inférieure aux machines à cycle à deux temps (type Benz), dans lesquelles persévèrent cependant quelques inventeurs pensant y gagner un peu de régularité, ce qui d'ailleurs est contesté.

Le moteur qui nous occupe est à un cylindre, fermé seulement à l'extrémité où se trouve la chambre de compression. De l'autre, le piston actionne directement, sans glissières, ce qui est un avantage, une bielle calée sur l'arbre moteur à vilebrequin et muni d'un volant latéral. Cet arbre commande, par l'intermédiaire d'une paire d'engrenages cylindriques à denture hélicoïdale, un petit arbre de distribution longitudinal dont la vitesse est deux



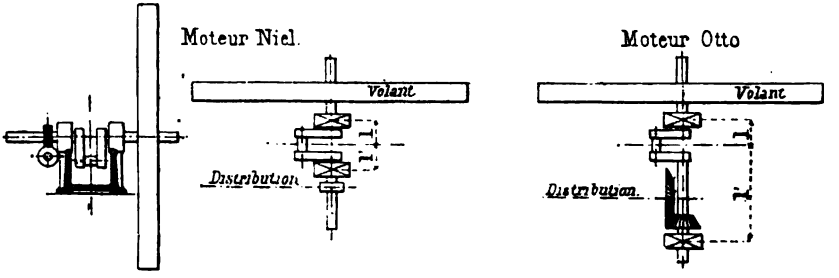
Vue d'ensemble.

fois moindre que celle du premier. Dans le but de diminuer la distance des axes des engrenages, M. Niel leur a donné le même

diamètre, quoique l'un d'eux ait deux fois plus de dents que l'autre ; ce résultat est obtenu par une méthode originale observée dans la taille des dents. On a ainsi un ensemble qui tient peu de place et ne fait pas le moindre bruit.

Cette disposition a un autre avantage capital lorsqu'il s'agit de moteurs à gaz dans lesquels les efforts sont violents *(fig. 1, 2 et 3)*.

Fig. 1. Fig. 2 Fig. 3.



Elle permet de rapprocher les deux paliers de l'arbre de couche et de les disposer symétriquement à droite et à gauche de l'axe du cylindre : d'où la possibilité de placer un volant à chaque extrémité de l'arbre et d'obtenir la fixité de la lumière électrique avec un seul cylindre, ce qui n'est pas possible pour les moteurs Otto de petites forces.

L'arbre de distribution actionne un distributeur conique qui constitue un des organes les plus ingénieux et les plus pratiques de l'appareil. Nous le décrirons plus loin en détail.

On sait que les distributeurs coniques n'ont jamais donné de résultats bien satisfaisants à cause du serrage énergique qu'ils exigent pour éviter les fuites. Il en résulte alors, en général, une grande difficulté de graissage et des grippements qui rendent le fonctionnement difficile et amènent une usure rapide de l'organe.

M. Niel a obvié d'une façon tout à fait satisfaisante à ces multiples inconvénients et réussi à résoudre le problème de l'étanchéité d'une façon très suffisante pour les besoins de la pratique.

Le gaz et l'air arrivent chacun par un tuyau spécial, se mélangent et sont aspirés pendant la course avant du piston entraîné par le volant. C'est le premier temps. Notons que l'admission, dans le moteur Niel, n'a lieu que pendant les 2/3 de la course du piston et non pendant la marche entière de celui-ci.

A son retour en arrière, le piston comprime le mélange dans

une chambre de compression réservée dans le cylindre lui-même, à laquelle il y a lieu d'ajouter les conduites se rendant au distributeur et à la soupape d'échappement : c'est le deuxième temps.

Le troisième temps est représenté par l'allumage avec explosion instantanée et la poussée du piston en avant, la pression de compression étant d'environ 3,5 *kg*, celle des gaz de l'explosion oscille autour de 12 *kg*. La soupape d'échappement s'ouvre environ à la pression de 2 *kg* à 2,5 *kg*.

Enfin le piston revient en arrière et refoule par la soupape précédente les produits de la combustion. La soupape d'échappement ne présente rien de particulier si ce n'est qu'elle est verticale et mue par un levier actionné par une came placée sur l'arbre du régulateur. C'est le quatrième et dernier temps.

La dépense de gaz est d'autant plus faible et le rendement théorique d'autant meilleur que les gaz sont plus comprimés ; au premier abord, il paraît donc qu'on a avantage à les comprimer le plus possible.

Il est cependant intéressant de conserver à la machine la douceur de sa marche et la régularité de son fonctionnement ; de ne pas compromettre par des explosions trop violentes la stabilité de ses organes.

Dans cette intention, M. Niel, tout en ayant une chambre de compression assez restreinte, ne fait, avons-nous dit, l'admission du gaz que pendant les 2/3 de la course du piston et le dernier 1/3 donne lieu à une détente du gaz qui est comprimé au retour évidemment moins que si l'on eût rempli le cylindre en entier.

Le rendement doit certainement s'en ressentir, celui-ci étant à peu près proportionnel à la compression initiale. Cependant, ce défaut est en partie atténué par l'élévation de température des parois, et les diagrammes accusent en effet à l'aller une chute de pression insignifiante dans le dernier 1/3 de la course, le mélange explosif empruntant aux parois du cylindre une quantité de chaleur suffisante pour empêcher une chute de pression appréciable Avec l'indicateur à 0,005 *m* par kilogramme, c'est presque imperceptible ; c'est à peine visible avec le même à 0,010 *m* par kilogramme.

Le diagramme de ce moteur a donc, dans son ensemble, les allures suivantes *(fig. 4)* :

a b aspiration pendant les 2/3 ;

b c dépression pendant le dernier 1/3 ;

En *c* la pression est redevenue celle de l'atmosphère à cause

de l'élévation de température des parois; c'est donc de *c* que part la courbe de compression ;

c c' courbe de compression ;

c' d explosion ;

d e détente ;

e f avance à l'échappement.

f a échappement. — Cette courbe ne se confond pas avec la ligne atmosphérique, car la chute de pression n'est pas immédiate, toujours à cause de l'influence des parois.

Les théoriciens purs objecteront bien qu'il est regrettable de perdre tout l'excédent de travail qui résulterait d'une détente plus prolongée en *b'* par exemple, au lieu de laisser échapper les gaz à la pression minimum de **2** *kg*. Certains moteurs, en effet, ont été conçus dans cet esprit ; mais cela ne peut avoir lieu qu'en donnant au cylindre un allongement correspondant, ce qui rend le graissage beaucoup plus difficile et augmente les frottements. Ce graissage, en effet, ne peut se faire dans le cylindre lui-même à

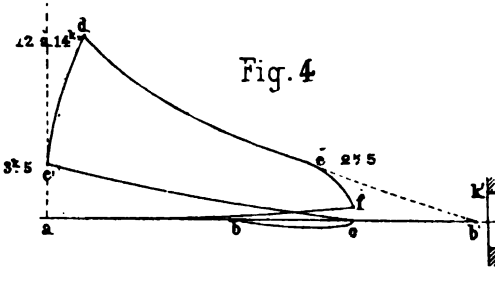


Fig. 4

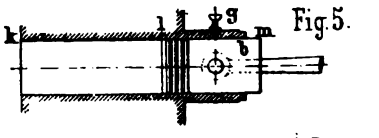


Fig. 5.

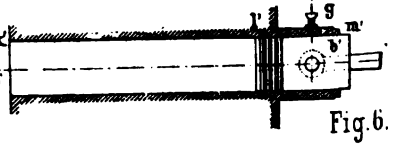


Fig. 6.

cause des pressions qui y règnent et doit s'effectuer dans la partie *l m* (*fig. 5*) occupée à fond de course par le piston. Si l'on allonge le cylindre, et, par suite, si l'on recule cette position finale du piston en *l' m'* (*fig. 6*) on doit reculer en même temps le graisseur *g* qui ne fonctionne plus alors avec efficacité, vu la grande course que le piston a à fournir sans être à nouveau lubrifié.

La détente complète des produits de l'explosion n'est possible, à notre avis, qu'avec l'emploi de deux cylindres.

Mais, dans ce cas, tous les essais ont encore échoué parce que les forces passives, les complications de mécanisme, l'augmentation de poids et de prix de la machine, etc., rendent absolument illusoire le bénéfice qu'on espérait en tirer au premier abord.

En dernier lieu, dans le moteur Niel, le cylindre est rafraîchi, comme dans la plupart des moteurs à gaz, par une circulation d'eau froide.

On sait que cette circulation est indispensable pour assurer un bon graissage en évitant un trop grand échauffement des parois du cylindre et la volatilisation de l'huile. On aurait intérêt à découvrir une bonne huile pouvant résister à de hautes températures et alors on pourrait marcher à des températures plus élevées, ce qui exigerait moins d'eau pour le refroidissement.

La consommation du gaz diminuerait en même temps, car la perte de chaleur par les parois est proportionnelle au carré de la différence des températures des deux côtés de la paroi. Pour une consommation donnée de gaz, on a donc toujours une consommation correspondante d'eau obligatoire pour le fonctionnement normal de la machine, eau qui emporte environ 43 0/0 de la chaleur développée par l'explosion, alors que 35 0/0 s'en vont avec les gaz d'échappement et que 22 0/0 seulement sont transformés en travail utile. Ce qui n'empêche, comme nous l'avons vu plus haut, le moteur à gaz d'être encore très supérieur à la machine à vapeur la plus perfectionnée au point de vue du rendement thermique. Nous rappelons qu'on a essayé (M. Atkinson en Angleterre), au prix d'un mécanisme très compliqué, accélérant la vitesse du piston, de diminuer les pertes par les parois, et on y est en effet arrivé, les parois n'enlevant plus que 27 0/0; mais cela ne donne aucun bénéfice au point de vue du rendement, et tout ce qu'on a d'abord gagné se perd à nouveau par l'échappement qui enlève alors 50 0/0 de la chaleur totale.

On a tenté quelquefois de supprimer l'eau et de la remplacer par des ailettes refroidissantes venues de fonte avec le cylindre; mais le refroidissement est insuffisant, le graissage est mauvais et les organes s'usent vite ; M. Niel eût pu certes adopter ce système, mais nous pensons qu'il a beaucoup mieux fait de mettre franchement une circulation d'eau qui donne de la durée à tous les organes de sa machine, permet un graissage meilleur et plus facile, et l'emploi d'huiles moins coûteuses.

L'appareil est monté sur un socle en fonte, l'échappement a lieu dans un réservoir qui amortit le bruit.

Voilà le moteur Niel dans ses grandes lignes.

Nous nous étendrons maintenant uniquement sur les pièces présentant une véritable originalité et réalisant un très réel progrès sur ce qui a été fait jusqu'à ce jour.

Distributeur.

Le premier appareil intéressant est le distributeur qui introduit dans le cylindre le mélange d'air et de gaz.

On sait quel rôle capital joue dans les moteurs à gaz la question du graissage, puisque dans ce seul but on consent à laisser entraîner par l'eau refroidissante la masse énorme de chaleur que nous avons signalée précédemment.

Or, les moteurs à gaz ont généralement pour distributeurs des tiroirs plans à mouvements alternatifs ou des soupapes. Les premiers, afin d'éviter la poussée de l'explosion, doivent toujours être appliqués vigoureusement contre leur glace, ce qui nuit à leur bonne marche, cause une perte de travail et rend le graissage très difficile, malgré les pattes d'araignée nombreuses et compliquées dont ils sont garnis.

La distribution par tiroir plan étant à éviter, on a cherché à remplacer ces distributeurs par des soupapes. C'est ce qu'a fait la Compagnie Otto pour les moteurs au-dessus de huit chevaux, à deux cylindres, où le tiroir se refusait à tout fonctionnement même relativement satisfaisant. Les Crossley, concessionnaires anglais des brevets Otto, ont renoncé au tiroir bien avant l'Exposition de 1889. Seul de tous les moteurs exposés, le type de moteur domestique de un demi-cheval était encore pourvu de cet organe qui n'offre pas les mêmes inconvénients lorsque les dimensions sont très réduites.

Mais les soupapes, difficiles à bien roder et à bien ajuster, se détériorent rapidement sous l'effet des chocs successifs et des températures de 1 800 à 2 000° qu'elles supportent : alors elles ne portent plus exactement sur leur siège, surtout lorsqu'elles sont horizontales comme dans certains types de moteurs. Il en résulte, en peu de temps, des fuites sérieuses, une consommation inutile de gaz et des pertes de travail. D'ailleurs, lorsqu'on emploie des soupapes, encore faut-il les placer verticalement; on peut alors toujours compter sur leur propre poids pour aider à leur bon fonctionnement, tandis que dans les dispositions horizontales, on ne peut compter que sur le ressort. En somme, la distribution par soupapes est loin d'être avantageuse et irréprochable, et l'on ne peut que féliciter M. Niel de les avoir supprimées partout où cela était possible; on ne rencontre en effet dans son moteur qu'une seule soupape, celle d'échappement (*fig.* 7), commune à tous les moteurs à quatre temps avec explosion, et il a eu soin de la placer

verticale, c'est-à-dire dans les meilleures conditions possibles.

A notre connaissance, les moteurs Benier et Forest seuls sont dépourvus de toute soupape, des tiroirs spéciaux servant à la fois à l'admission et à l'échappement comme dans une machine à vapeur ; mais ces moteurs sont sans compression.

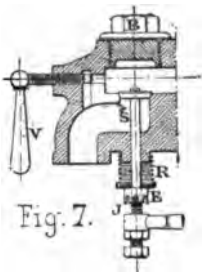


Fig. 7.

M. Niel pensa alors à appliquer le distributeur rotatif à clef conique, si souvent essayé sans succès, et s'ingénia à le perfectionner pour le rendre pratique.

L'inconvénient du robinet en général employé comme distributeur c'est, avons-nous dit, qu'il est impossible de lui assurer l'étanchéité nécessaire sans un serrage énergique qui empêche le graissage et produit des grippements, usures et surtout usures inégales, fuites, etc.

Dans le distributeur Niel, au contraire, l'étanchéité est parfaite et proportionnée aux besoins, ce qui permet un excellent graissage. C'est la pression même du cylindre qui s'exerce sur la clef du robinet distributeur, de sorte que le serrage est maximum pendant les périodes de compression et d'explosion pour se réduire pendant la détente et l'échappement, et permettre à l'huile de produire son effet.

Pour cela, la clef est emmanchée au moyen d'une mortaise dans laquelle pénètre un tenon venu sur l'arbre ; les extrémités de ces pièces sont taillées en plan incliné (*fig. 8*), afin de forcer la clef à s'orienter toujours de la même façon. Ce détail est fort utile pour les cas fréquents où ces machines tombent entre des mains inexpérimentées qui pourraient parfaitement replacer la clef à l'envers.

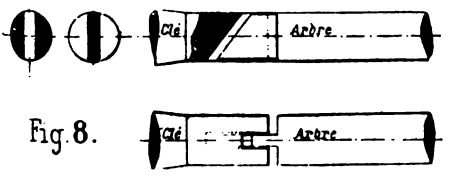


Fig. 8.

Cette clef contient un canal recourbé en S qui met en communication, tous les deux tours de l'arbre moteur, deux ouvertures dont la première débouche dans la chambre de compression du cylindre (*fig. 9*); par la deuxième, pénètrent le gaz et l'air (généralement dans la proportion approximative

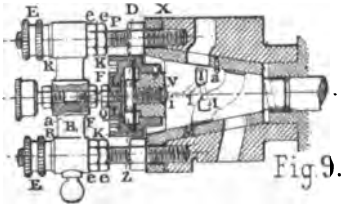


Fig. 9.

de 1 à 8), constituant le mélange explosif. Ces deux fluides arrivent chacun par un tuyau spécial muni d'un robinet. Les clefs de ceux-ci constituent des index se mouvant sur des cadrans gradués et permettant de régler à volonté les proportions du mélange *(fig. 10)*. L'homogénéité de ce dernier est d'ailleurs obtenue en forçant le gaz à passer par une série de petits trous représentés en *a* dans une couronne qu'on appelle le mélangeur *(fig. 11)*.

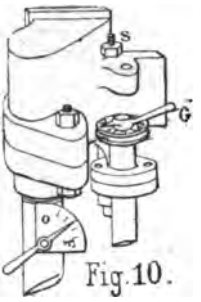


Fig. 10.

En outre, un petit canal brisé I fait communiquer au moment convenable la chambre de compression avec l'inflammateur.

Nous reviendrons plus loin sur l'allumage qui se fait ici d'une manière absolument sûre et sans avoir jamais de ratés.

Cela posé, voici comment est résolu le double problème du bon graissage et de l'étanchéité aussi parfaite que possible :

Une plaque métallique flexible ou diaphragme D est fixée au centre de la clef par un écrou V dont l'axe perforé laisse passage à un petit canal *i* débouchant dans le tuyau d'allumage *(fig. 9)*.

La grande base du robinet est en outre coiffée d'un chapeau maintenu appliqué par toute sa périphérie sur le diaphragme et la clef inférieure au moyen d'une vis de butée, *a* à pointeau, appuyée contre un étrier B qui peut se démonter, même en marche, avec la plus grande facilité et permet d'enlever toute la clef très aisément pour en faire l'inspection et la réparation. De la sorte, cette clef est maintenue dans son boisseau sans jeu comme sans dureté avec un serrage réglé à volonté par les écrous E. La cavité Z est donc en communication avec l'intérieur du cylindre au moment de l'explosion. D'après cette disposition, lorsque la pression augmente dans le cylindre et que les chances de fuite sont les plus grandes, cette pression se communique au diaphragme par le canal *i*, dans la cavité Z ; il en résulte un serrage d'autant plus énergique du robinet que celui-ci est conique et qu'il y a une plus grande différence entre la section de la clef en Z et à l'orifice du conduit I, les pressions étant dans le rapport de ces sections, ou des carrés des diamètres correspondants.

On voit donc que plus la pression s'accroit dans le cylindre, plus l'étanchéité est garantie. Pendant l'aspiration et l'échappement, la clef tourne en entrant très librement dans son boisseau,

maintenue uniquement par la pression du diaphragme formant ressort.

Cette forme conique a encore l'avantage d'assurer un graissage sûr et facile, car en amenant l'huile à la partie la plus étroite de la clef, cette huile monte d'elle-même, sous l'effet de la force centrifuge développée par la rotation, dans les régions à plus grand diamètre, c'est-à-dire jusqu'à l'autre bout; ce graissage d'ailleurs se fait commodément pendant la période où la pression est faible dans l'espace Z, alors que la clef n'est plus rigoureusement appliquée contre le boisseau.

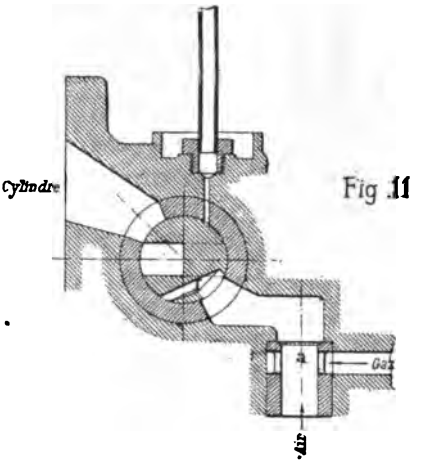


Fig. 11

La visite de ce dernier, nous le répétons, se fait très simplement au moyen de l'étrier qui vient buter en son milieu la vis pointeau *a* et qui est fixé d'une manière invariable par une extrémité munie d'une boule à main et autour de laquelle il peut pivoter. L'autre extrémité se désarticule à volonté; tout cela s'obtient simplement en desserrant les écrous E. Un graisseur central lubrifie constamment la pointe de la vis de butée *a*.

Brûleur.

L'allumage se fait au moyen d'un tube à gaz ordinaire en fer *t* d'environ 0,25 de longueur et 5 *mm* de diamètre intérieur *(fig. 11 et 12)*; il est logé dans une cheminée et fermé à sa partie supérieure, tandis que l'autre extrémité communique au moment voulu avec le cylindre; ce tube est chauffé constamment au rouge par un brûleur à gaz C dont la consommation d'environ 180 *l* à l'heure est à peu près constante, quelles que soient d'ailleurs la force et l'allure du moteur. On le chauffe avant la mise en marche, ce qui demande à peine cinq minutes, et on obtient un allumage excellent complètement exempt de ratés, grâce à l'incandescence fixe et permanente du tube. Cela réalise un desideratum fort important pour les moteurs à gaz.

Et de plus ici, l'allumage étant certain quelle que soit la vi-

tesse, on voit le parti que l'on pourra tirer de cette précieuse qualité pour faire de la lumière électrique fixe avec des moteurs à un seul cylindre. L'allumage par l'électricité elle-même, nous le savons, n'est pas exempte de ratés dus à des projections d'huile sur les électrodes, à des dépôts charbonneux, etc..... Mais ils sont surtout à craindre dans les moteurs qui emploient les tiroirs à transport de flamme, comme Otto, à l'exception du petit moteur domestique.

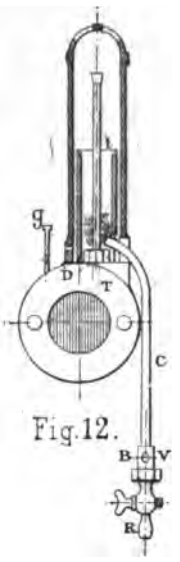


Fig.12.

En effet, quand la vitesse se ralentit, la flamme du tiroir mobile est souvent soufflée par la surcharge des gaz comprimés à l'intérieur du cylindre. Si, au contraire, la vitesse s'accélère, la flamme s'éteint elle-même dans la cavité du tiroir et provoque encore un raté. Il en résulte alors que les gaz s'accumulent dans le corps du cylindre et arrivent à être avec l'air dans les proportions d'un mélange détonant. De là, si la soupape d'échappement reste ouverte, ces coups ressemblant à des détonations d'artillerie, qui, pour n'être en général pas dangereux, n'en sont pas moins fort désagréables. A l'Exposition universelle de 1889, en particulier, nombre de moteurs à gaz et en particulier les moteurs Otto, dont le tiroir est le type de l'allumeur à transport de flamme, produisaient de ces explosions accompagnées d'un bruit violent et ne laissaient pas que d'inquiéter fortement les visiteurs.

Le procédé d'inflammation par tube incandescent n'est pas nouveau : on l'attribue à Siemens ; dès 1879, nous le voyons décrit par Léo Funck. Son principal inconvénient est l'usure rapide du tube, usure due à une fatigue exceptionnelle résultant non seulement de la haute température à laquelle il est porté, mais à la haute pression subite à laquelle il est soumis quand le mélange inflammable se précipite sur lui venant de l'intérieur du cylindre. Si d'un autre côté on veut le rendre plus robuste en augmentant les épaisseurs de ses parois, on le rend plus difficile à atteindre le rouge blanc, et l'inflammation se faisant au rouge sombre est moins certaine ; d'autant plus que la détente des gaz à haute pression qui ont pénétré dans son intérieur le refroidit toujours un peu.

Ainsi, dans le moteur Niel, un excellent tube en fer forgé ne

dure pas plus de cent à cent cinquante heures suivant le service auquel il est soumis. Il est vrai que son prix est des plus minimes et que son remplacement coûte 0,30 *f.*

Pour atténuer cet effet nuisible dû aux différences de pression entre l'intérieur et l'extérieur du cylindre, on pourrait placer le tube inflammateur dans celui-ci. Mais cela présente encore de plus grands inconvénients. D'abord, pour la mise en marche ou dans un arrêt, il faudra un second inflammateur pour faire fonctionner le moteur jusqu'à ce que le tube soit porté à l'incandescence. Puis il y aura toujours lieu de redouter des inflammations faites trop tôt, qui peuvent retourner le vilebrequin ; enfin, le tube constamment plongé dans un mélange à haute température se détériorera encore plus rapidement qu'à l'ordinaire. Il sera, en outre, difficile à visiter et il faudra démonter la pièce entière qui le porte pour le nettoyer lorsqu'il sera encrassé.

On pourrait encore employer une soupape pour préciser le moment de l'inflammation ; mais on n'est jamais absolument sûr qu'une soupape porte toujours bien sur son siège ; elle laissera passer alors un peu de gaz venant du cylindre, qui s'enflammera trop tôt, déterminera une explosion prématurée et un retour du volant en arrière : la soupape est toujours à éviter à l'allumage.

Enfin, on a pensé à remplacer le tube de fer si fréquent à renouveler par un fil de platine maintenu incandescent au moyen du courant d'une pile ; mais ce fil est toujours sensiblement refroidi au moment de l'introduction du gaz et l'on n'est plus absolument certain de l'allumage. Une série d'étincelles électriques continues jaillissant dans l'épaisseur même du tiroir expose plus que tout autre système à des retournements de marche ; à moins que, comme dans le moteur Symplex, on ne loge l'isolateur dans le chapeau du tiroir. Il devient alors impossible au mélange d'atteindre l'étincelle avant que le tiroir n'ait établi la communication avec la chambre du brûleur. On obtient ainsi un tiroir bien supérieur à celui qui transporte la flamme, genre Otto. Mais il reste toujours l'inconvénient inhérent à l'étincelle.

Pour obvier dans certains cas spéciaux à l'usure des tubes en fer, M. Niel se sert d'un tube en nickel plus coûteux mais dont la durée est pour ainsi dire illimitée. Ajoutons que la consommation de ce brûleur qui ne nous paraît rien présenter d'exagéré, doit, à notre sens, être défalquée de la consommation totale de gaz du moteur. Dans les autres systèmes, en effet, lorsqu'on n'emploie pas un brûleur, c'est en général une pile ou une bo-

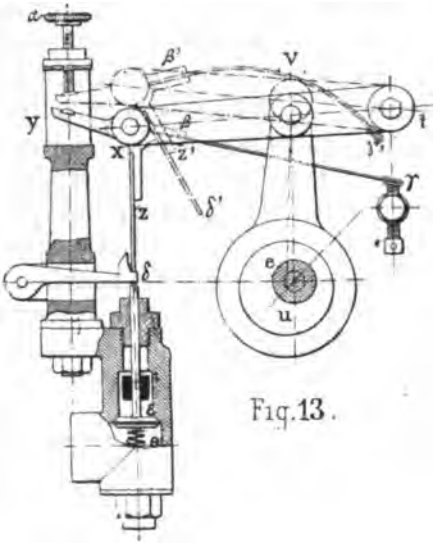
bine d'induction qui produit l'allumage; cela revient toujours, en somme, à brûler du zinc au lieu de gaz d'éclairage, ce qui n'est certainement pas plus avantageux.

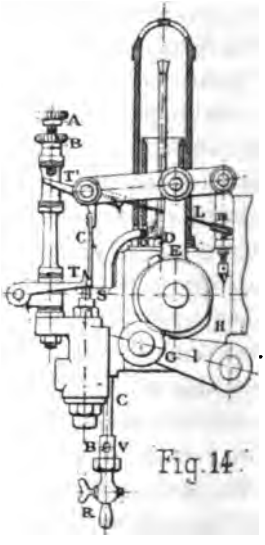
Régulateur.

La première idée qui doit venir, pour opérer la régulation d'un moteur à gaz, est une admission accélérée ou mitigée de gaz suivant que la vitesse de la machine augmente ou diminue. C'est ce qu'on fait pour les machines à vapeur; mais ici cela n'est pas pratique. Les mélanges plus ou moins riches qui en résultent sont alors ou trop faibles ou trop forts, et, dans les deux cas, l'explosion ne se fait pas : on a introduit du gaz en pure perte.

L'exigence d'une proportion bien établie entre le gaz et l'air a amené tous les inventeurs à employer des régulateurs qui suppriment complètement l'entrée du gaz, réglée à l'avance convenablement pour une marche normale.

Cela posé, l'organe le plus ingénieux de l'appareil qui nous





occupe est incontestablement le régulateur. Voici en quoi il consiste : *(fig. 13 et 14)*.

Un levier pouvant osciller autour d'un point fixe *t (fig. 13)* est mis en mouvement par une excentrique *u* calée sur l'arbre du distributeur et articulée au milieu de ce levier en V. A l'autre extrémité *x*

est montée une pièce spéciale à trois branches pouvant osciller autour de l'axe x. L'une des branches y vient buter contre une vis fixe α que l'on règle à la main à volonté. L'autre porte une lame de ressort β terminée par un petit poids γ. La dernière z agit sur un loquet à talon δ pendant la descente de l'excentrique. Ce loquet actionne à son tour la tige de la soupape d'admission de gaz ε et la force à s'ouvrir, tandis que cette soupape tend à être ramenée dans sa position initiale fermée par un ressort θ. Par conséquent, pour s'ouvrir et admettre du gaz dans l'appareil par l'intermédiaire du conduit i qui mène au mélangeur, cette soupape a besoin de recevoir la pression du levier δ. Quand ce dernier n'est pas poussé vers le bas par la tige z, la soupape ne s'ouvre pas et il n'y aucune admission.

Or, supposons la machine en marche, la pièce à trois branches se déplacera vers le haut en maintenant forcément sa pointe y contre la vis de butée : elle prendra donc la position x', d'autant plus inclinée que la vitesse sera plus grande et le choc de y plus violent contre la pointe de α ; le ressort viendra en β', le poids γ se butant à son tour contre l'obstacle fixe t en γ' et ce ressort aura également une courbure en rapport direct avec la vitesse ; cet ensemble entraînera donc pour la tige active ε la position plus ou moins oblique z'. Cela fait, lorsqu'il y a concordance entre la durée du déplacement angulaire de la tige z autour du point d'articulation de la pièce à trois branches et la durée de la descente de ce point d'articulation et par conséquent de la tige z, l'extrémité de cette tige vient rencontrer le loquet à talon et ouvrir la soupape d'admission. Si, au contraire, la descente du point d'articulation se fait plus vite, ce qui est le cas lorsque la vitesse du moteur augmente, le déplacement angulaire se faisant toujours dans le même temps, la tige z ne vient pas occuper assez vite une position suffisamment voisine de la verticale pour lui permettre de rencontrer le loquet et ouvrir la soupape.

On conçoit en même temps que l'on puisse aisément faire varier la vitesse à volonté en modifiant la tension du ressort, c'est-à-dire en changeant la butée y au moyen de la vis spéciale α, ou bien le poids γ. Le plus simple dans la pratique est le maniement de la vis α : c'est elle qui sert à obtenir le nombre précis de tours que l'on désire, suivant le travail à effectuer. Nous avons pu voir ainsi la vitesse passer aisément de 100 à 200 tours à la minute sans à-coup dans la marche, ce qui est fort précieux pour les installations d'éclairage électrique.

Si l'on objecte que le ressort remplaçant ici le contrepoids des pendules ordinaires d'inertie, Otto, Crossley, Delamare, etc., peut se transformer et perdre à la longue une partie de son élasticité, l'inventeur répond assez justement que la même vis α peut parfaitement permettre de corriger les variations de vitesse résultant des altérations du ressort, et enfin qu'une lame de si peu d'importance est des plus faciles et des moins coûteuses à remplacer.

On s'explique parfaitement qu'avec un instrument aussi sensible, on puisse produire la lumière électrique par lampes à incandescence dans d'excellentes conditions.

Dans des expériences qui ont été faites devant nous à plusieurs reprises l'année dernière à l'exposition du palais de l'Industrie, nous avons constaté qu'il était possible de supprimer un certain nombre de lampes d'un circuit sans nuire à la fixité de la lumière. Quant au moteur lui-même, lorsqu'on lui retire ainsi un certain nombre de foyers lumineux, il ne dépense plus que la quantité de gaz proportionnelle au nombre de ceux qui restent allumés.

Enfin, avec ce régulateur, joint à l'excellente disposition du volant, on n'a jamais à redouter l'emballement du moteur : nous avons nous-même fait enlever subitement d'un moteur de **4** *ch* un frein faisant produire à la machine un travail de **4, 8** *ch*. Elle tournait à vide sensiblement avec la même vitesse ; seul, le nombre des explosions était de beaucoup diminué.

Au point de vue de l'entretien, des réparations et de la sûreté du fonctionnement, le régulateur Niel a une supériorité manifeste sur les régulateurs commandés par engrenages ou par courroies, organes de transmission sans cesse sujets à rompre. Combien de moteurs n'ont-ils pas été arrêtés par une dent d'engrenage brisée ou une courroie tombée, accidents assez fréquents dans les machines à explosion où les accélérations de vitesse se produisent beaucoup plus brutalement que dans les moteurs à vapeur ? Les cas de ce genre ont été très fréquents à l'Exposition. Or, si les courroies se remettent en place encore assez vite, il n'en est pas de même pour une roue d'engrenage, et l'on voit quels inconvénients cela peut présenter dans la pratique.

Graisseur.

Enfin, étant donnée l'importance du graissage dans ce genre de moteurs, on conçoit que nous signalions également le graisseur spécial adopté par M. Niel, et qui nous a paru très bien approprié à sa destination.

C'est une sorte de graisseur régulateur qui débite de l'huile proportionnellement à la vitesse du moteur. Cette huile est renfermée dans un réservoir *(fig. 15)* qui présente en son centre une clef de robinet verticale, conique et creuse C pouvant tourner autour de son axe. Cet axe renferme un conduit par lequel arrive l'air extérieur qui pénètre d'abord par un petit canal latéral A plus ou moins obturé par une vis S. Le mouvement de rotation est donné à cette pièce C au moyen d'une vis sans fin *v* engrenant un pignon fixé à C, et mue par une corde s'enroulant sur une petite poulie à gorge qui reçoit son mouvement de l'arbre de distribution. En bas, dans le fond du graisseur, existe une petite cavité, naturellement pleine d'huile, qui se trouve en communication à chaque demi-tour ou quart de tour, suivant que le graisseur est simple ou double, avec une autre cavité pratiquée dans la clef mobile, chaque fois que celle-ci vient à passer devant elle. A ce moment, la cavité pratiquée dans la clef se remplit d'huile qu'elle laisse écouler dans le trou de graissage O allant au distributeur, tandis qu'un second trou analogue sert au graissage du cylindre. On voit que par cette disposition la consommation de l'huile peut être aisément réglée suivant les dimensions que l'on donne aux cavités et à l'orifice d'accès de l'air.

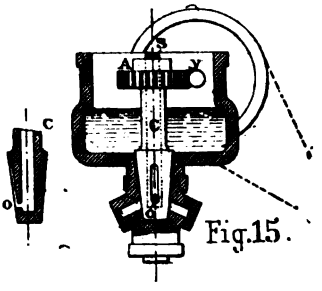


Fig. 15.

En somme, le graissage se fait d'une façon sûre et automatique et le débit est constant, *quel que soit le niveau* de l'huile dans le graisseur. Il n'en est pas de même des graisseurs basés sur le système des goupilles qui déversent d'autant plus d'huile qu'elles plongent davantage dans ce liquide : ici l'huile sera toujours débitée proportionnellement au besoin, puisque le débit du graisseur est fonction de la vitesse même du moteur, quel que soit, nous le répétons, le niveau de l'huile dans l'appareil.

Essais de force et de consommation.

Le moteur soumis à nos expériences avait une puissance nominale de 4 chevaux. Les principaux éléments présentaient les dimensions suivantes :

Diamètre intérieur du cylindre . . .	180 *mm.*
Course du piston	360

Longueur de la chambre de compression	109
Longueur totale du cylindre	695
Volume d'une cylindrée	9,161 *l*
— de la chambre de compression et des orifices	3,322 *l*
Volume total	12,483 *l*
Rapport de la chambre de compression au volume total	0,266
Rapport de compression (admission aux 2/3)	0,352

Ces données complètent les renseignements d'ensemble concernant ce moteur. Nous allons maintenant rendre compte des résultats des essais que nous avons faits pour expérimenter son fonctionnement.

Tout d'abord, nous devons faire remarquer que, dans l'industrie, les essais de ce genre sont rarement faits avec la rigueur et la précision que nous avons pu leur apporter dans cette circonstance. Le moteur à essayer avait été installé, par les soins de M. le professeur Bayle, dans son laboratoire de l'École municipale de Physique et de Chimie. Toutes les précautions préparatoires: installation des divers appareils de jaugeage, compteurs, thermomètres, pyromètres, appareils appartenant au cabinet de physique de l'École et d'une précision absolument scientifique, avaient été soigneusement vérifiés et mis en place par l'habile préparateur, M. Fery, dont le concours nous a été des plus précieux dans ces circonstances.

Voici, d'ailleurs, la disposition générale adoptée :

Un compteur à gaz, installé sur la conduite de la Ville, distribuait le gaz au moteur et au brûleur. Ce dernier était précédé d'un compteur spécial accompagné d'un chronomètre à secondes permettant d'évaluer d'une manière précise la consommation du brûleur dans un temps donné et d'en déduire la consommation à l'heure. Ce chiffre était retranché de celui que présentait le grand compteur, et on en déduisait la consommation proprement dite du moteur seul. Un pyromètre thermo-électrique de M. Lechâtellier permettait d'apprécier très sensiblement la température des gaz à l'échappement, au moyen d'un galvanomètre et d'un amplificateur projetant un ménisque lumineux sur une règle, dont la graduation correspondait à une table préparée à l'avance et renfermant les températures en degrés.

La quantité d'eau de refroidissement était évaluée au moyen d'un compteur Badois : sa température était donnée par des thermomètres de précision à l'entrée et à la sortie.

Un très grand nombre de diagrammes relevés à tout instant pendant les essais ont permis, aussi bien à vide que sous les charges les plus variées, de préciser la pression dans la chambre de compression, la pression initiale de l'explosion, la pression à l'échappement, la force en chevaux indiqués, etc.

Le frein employé pour les essais en charge est le frein à corde adapté au volant; cet appareil présente, sur le frein de Prony, l'avantage de permettre plus commodément de prolonger les expériences. Le principe de cet appareil consiste à envelopper la jante du volant d'une double corde attachée à un point fixe, au plafond par exemple, tandis qu'à l'autre extrémité s'adapte un poids produisant un frottement plus ou moins considérable, d'où le travail T *(fig. 16)*. Des rondelles de plomb P que nous avons tarées et qui portaient en chiffres connus l'indication du nombre de kilogrammes qu'elles représentaient, permettaient d'évaluer le poids adopté sans aucune chance d'erreur Il fallait avoir soin simplement d'y ajouter une constante de 430 *g*, représentant la tige de fer sur laquelle étaient montées toutes les rondelles. Le réglage est, d'ailleurs, facilité par un peson à ressort D que l'on interpose entre le point fixe A et le volant. La tension *p* correspondante étant déduite de la charge P du frein ; le travail s'estime comme dans le frein de Prony et d'après le même principe, en prenant pour rayon la distance du centre du volant au centre de gravité de la corde *(fig. 17)*. Le travail en chevaux est alors exprimé par le produit du poids P—*p* multiplié par la vitesse au bout du rayon R.

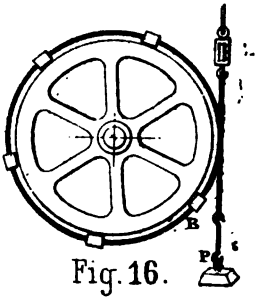


Fig. 16.

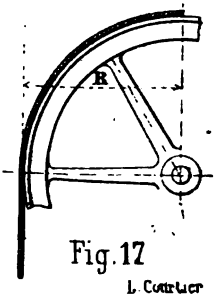


Fig. 17

L. Courtier

$$T = \frac{(P - p)\, 2\pi\, R n}{60 \times 75}$$

n nombre de tours par minutes.

Dans le moteur considéré, le volant avait pour diamètre 1,50, la corde 0,015 *m* de diamètre. On avait donc D = 1,515.

$$\pi D \text{ ou } 2\pi R = 4{,}757,$$

espace parcouru dans un tour de volant ; c'est une constante qui qui se retrouve dans tous les essais.

Toutes les expériences de consommation ont été faites pendant le temps le plus long possible en divisant la quantité obtenue par ce temps, afin de diminuer l'influence des erreurs inévitables. En plus, de petites observations partielles de quelques minutes permettaient de se mettre en garde, par plusieurs contrôles intermédiaires, contre une grave erreur finale de lecture ou de calcul. La température de la salle d'expérience, la pression barométrique ont également été notées. Un petit manomètre à eau permettait de mesurer la pression du gaz d'éclairage venant des conduites de la Ville, pression qui a également été mesurée avec soin à chaque essai.

Enfin, pour la consommation d'huile, on notait le niveau dans le graisseur à l'arrivée, à deux heures de l'après-midi et au départ à six heures. Puis on versait, au moyen d'une burette graduée, de l'huile dans le godet, jusqu'à ce qu'on ait atteint le niveau primitif. On obtenait ainsi très exactement le nombre de centimètres cubes dépensés pendant l'après-midi. Cette huile était de la valvoline Hamel de densité 0,895. On en concluait donc le nombre de grammes consommés à l'heure.

Ces essais ont duré douze heures en trois reprises de quatre heures chacune, les 14, 15 et 23 janvier 1891, de deux heures à six heures du soir.

Les essais ont varié depuis 1 *ch* jusqu'à 6 *ch* nominaux, et les résultats en sont résumés dans le petit tableau suivant, pour 4 chevaux effectifs, marche normale de ce moteur :

Force à l'indicateur	5,26 *ch.*
Force au frein	4 *ch.*
Nombre de tours par minute	160
Pression de compression.	3,5 à 3,6 *kg.*
— d'explosion	12 à 14 *kg.*
Consommation de gaz par cheval-heure à 0° pression 760.	800 à 850 *l.*
Consommation du brûleur à l'heure	180 à 200 *l.*
— d'eau à l'heure	80 à 100 *l.*
Température d'entrée de l'eau.	3°
— de sortie	65 à 85°
— d'échappement des gaz.	400°

Consommation d'huile à l'heure	46 à 50 *g.*
Minimum de tours à vide	100
Maximum —	200
Minimum de tours en charge	112
Maximum —	196
Rendement mécanique	75 0/0

On voit que ces résultats, absolument authentiques, sans rien présenter de particulièrement admirable, comme l'annoncent tant de prospectus, sont tout à fait satisfaisants et classent ce moteur dans la meilleure catégorie de ce genre de machines.

Et cela d'autant plus que le moteur essayé n'était pas d'une construction irréprochable ; ainsi, le volant était manifestement gauche sur l'arbre, il en résultait nécessairement des pertes de travail et de rendement.

Bien entendu, les chiffres sont un peu moins bons dans les petites forces et meilleurs dans le cas contraire. Ainsi dans le dernier essai, où le nombre de chevaux indiqués était de 5,96 et le travail au frein 4,71, la consommation du gaz est tombée à 770 *l* par cheval-heure et le rendement atteignait près de 80 0/0.

Résumé et Conclusions.

En résumé, le moteur Niel présente les avantages suivants :

Il est ramassé, tient peu de place et son fonctionnement fait peu de bruit, grâce à l'engrenage hélicoïdal qui permet de rapprocher l'arbre distributeur de l'axe de la machine. Il en résulte que l'on peut également rapprocher les parties supportant l'arbre de commande, les avoir symétriques par rapport à l'axe du moteur et faire usage de deux volants également symétriques. Cela est inappréciable pour les applications à la lumière électrique dont la fixité est généralement impossible à obtenir avec les moteurs à un seul cylindre de petites forces.

L'admission du gaz aux 2/3 seulement de la course du piston, sans nuire d'une façon sensible au rendement, supprime les chocs violents qui accompagnent d'ordinaire la marche de ce genre de moteurs. L'allure du moteur Niel est extrêmement douce. Elle fait disparaître les températures trop élevées à l'explosion et, par suite, facilite le graissage, condition fondamentale.

Le distributeur conique très ingénieux et rendu pratique par M. Niel permet un maniement, un démontage et une surveillance

faciles : de sorte que ce moteur peut être confié aux mains les plus inexpérimentées. Il supprime en outre les graves et nombreux inconvénients des tiroirs plans, surtout dans les grandes forces.

L'échappement se faisant par une soupape verticale, on est certain de son bon fonctionnement, ce qui n'a pas lieu pour les soupapes horizontales qui doivent être mues par un ressort se fatiguant à la longue et laissant toujours place à l'aléa.

En outre, le distributeur par sa forme conique et sa disposition des plus rationnelles a un serrage proportionnel aux besoins. Quand la pression est forte dans le cylindre, son serrage est énergique et son étanchéité aussi parfaite qu'on peut le désirer; quand elle est faible, au contraire, il se desserre et permet l'accès de l'huile. Le graissage est encore facilité par la force centrifuge et la forme en cône du distributeur.

L'allumage est absolument certain et ne peut *jamais* présenter de ratés, grâce au tube métallique maintenu continuellement à l'incandescence par un brûleur spécial. Et ce résultat est sûr, quelles que soient la pression et la vitesse du moteur. Cela est encore excessivement précieux lorsqu'on fait de l'éclairage électrique; avec un moteur à un seul cylindre, les ratés deviennent alors particulièrement nuisibles à la fixité désirée, et l'on sait combien sont peu sûrs, sous ce rapport, les moteurs à transport de flamme.

Le régulateur, d'invention toute nouvelle, est extrêmement sensible et des plus ingénieux ; joint à la bonne installation du volant, il gouverne automatiquement la machine de la façon la plus sûre et la plus parfaite. C'est à ce point que l'on peut jeter à bas, comme nous l'avons fait à plusieurs reprises, un frein de 4 à 5 chevaux effectifs sans voir la machine changer en rien son allure ni varier d'un tour à la minute. Or, on sait qu'en pareil cas les moteurs de faible force s'emballent avec beaucoup de vivacité.

Il permet cependant de faire varier très aisément, et dans de fortes proportions, la vitesse quand on le désire; on peut obtenir ainsi facilement, rien qu'en tournant une vis, des écarts qui passent de 100 à 200 tours par minute. Ce régulateur présente en outre l'avantage considérable de n'avoir ni engrenages, ni courroies, organes coûteux d'entretien et toujours sujets à rompre.

Enfin, le graisseur appliqué par M. Niel constitue encore un appareil très pratique. Son débit est absolument constant, quel que soit le niveau de l'huile, et à chaque coup de piston, on est certain d'envoyer sur les organes la même quantité de matière

lubrifiante. Il y a là un réel perfectionnement sur les autres moteurs.

Les consommations de gaz, d'eau, d'huile, etc., sont analogues ou inférieures à celles des meilleurs moteurs actuellement connus.

Enfin, un point important à signaler pour terminer, c'est la facilité de la visite du cylindre, dont le nettoyage est capital. Il suffit, si on ne veut démonter le piston, de dévisser le fond du cylindre; on a ainsi à sa portée les orifices d'admission et d'échappement et toutes les parois de la chambre de compression. Le démontage du fond ne présente pas la moindre difficulté puisque aucune pièce importante n'y est attenante; à partir de 4 chevaux, le plateau de fond est même indépendant de toutes autres pièces.

L'idée de placer la poche à gaz dans le socle nous paraît également bonne. Dans tous les cas, il est avantageux, comme le fait M. Niel, de livrer la poche toute montée et reliée au robinet d'admission.

Ce sont surtout ces accessoires absolument pratiques qui rendent facile l'installation des moteurs Niel.

D'une manière générale, toutes les pièces de ce moteur sont facilement accessibles; le rôle de chacune d'elles se conçoit à première vue et leur maniement est des plus simples. Tout cela est indispensable et des plus précieux lorsqu'il s'agit de machines qui doivent être le plus souvent entre les mains du premier venu. A ce titre, le moteur Niel se distingue de toutes les machines de cette famille que nous avons pu examiner au cours de l'Exposition universelle de 1889.

LES MOTEURS A GAZ

PAR

M. Al. LENCAUCHEZ

Dans sa très intéressante et savante communication, M. Aug. Moreau a fait l'histoire des moteurs à gaz (1) ; comme j'approuve en entier notre distingué collègue dans tout ce qu'il a dit sur ce sujet, il ne saurait entrer dans ma pensée de discuter. Aujourd'hui je vais chercher à compléter ce que M. Moreau nous a fait connaître, par la description d'un nouveau moteur et du second moteur de M. Lenoir, en disant quelques mots sur les générateurs de gaz pour moteurs.

§ 1. Le gaz d'éclairage à 5 550 calories le mètre cube à 0° et à 760 (2) est un des agents les plus parfaits, à notre époque, pour le transport de l'énergie *(puisque je ne puis dire pour le transport de la force, celle-ci se produisant à grande distance pour la première fois)*. En effet, comme M. Aug. Moreau nous l'a fait voir, le rendement thermique du moteur à gaz est double de celui de la machine à vapeur; de plus, dans les grandes villes, comme à Paris par exemple, le gaz est transporté de l'usine de production aux lieux de consommation avec une perte seulement de 5 0 0. Or, le transport de l'électricité est plus onéreux et comme elle est produite encore aujourd'hui par la vapeur, elle est donc à son origine comme agent de transport une fois plus coûteuse que le gaz.

L'air comprimé, qui est dû au travail de la vapeur, est à l'origine dans le même cas que l'électricité; mais comme à la machine réceptrice il ne rend que 33 à 35 0/0 du travail que sa compression a absorbé, il coûte donc, comme agent de transport de la force, quatre à cinq fois plus cher que le gaz.

(1) Séance du 2 octobre 1891.

(2) Généralement ce gaz est compté à 5 300 calories, le mètre cube étant pris à + 15° et à 760.

Nous pourrions examiner encore d'autres moyens pour le transport de l'énergie ou de la force sans trouver mieux.

§ 2. On se demande pourquoi l'emploi du gaz, dit d'éclairage, n'est pas plus répandu en France pour la production de la force à domicile, quoique cependant rien ne soit à faire pour ce transport, les canalisations existant depuis longtemps et étant souvent amorties. La réponse à cette question est bien simple : en France nous n'avons pas de loi comme le *Gas Act* en Angleterre, les concessions sont de faible durée et les charges de ville avec octroi sont lourdes ; de sorte que le prix réel du gaz est presque toujours plus que doublé ; si le transport de la force par l'eau sous pression, par l'air comprimé, par l'électricité, etc., avait de telles charges à supporter, il deviendrait matériellement impossible. Mais avec le temps les conditions changeront, le gaz dit d'éclairage deviendra de meilleur marché en meilleur marché (1) ; enfin, il faut ne pas oublier qu'une même canalisation de gaz d'éclairage transporte : 1° la lumière simple ; 2° la lumière avec chaleur récupérée, soit avec 50 0/0 d'économie ; 3° la lumière électrique avec le moteur à gaz et avec 10 à 15 0/0 d'économie, selon le Dr Aimé Witz ; 4° la chaleur pour le chauffage domestique ; 5° la force motrice, etc., avec seulement une perte de 5 0/0 due aux fuites ; de sorte que les frais généraux du transport du gaz, se répartissant sur des emplois aussi variés, se trouveront plus réduits que pour aucun autre véhicule de la chaleur, de la lumière et de la force ; ceci est une affaire de temps pour sa généralisation.

§ 3. La production du gaz d'éclairage coûte peu en pratique, soit au plus 20 0/0 du prix du combustible employé à le produire ; en effet, le coke, le goudron et l'eau ammoniacale représentent avec le gaz épuré 80 0/0 de la valeur de ce combustible *(houille)* pris à son entrée dans l'usine. Aujourd'hui les bons fours à gaz d'éclairage ne réclament pour leur chauffage avec récupérateurs et gazogènes que 13 à 14 0/0 de coke du poids brut de houille distillée.

§ 4. Pour les grands moteurs à gaz, de la force de 30, 50, 100 chevaux et au-dessus, le gaz dit d'éclairage est trop cher ; il faut remarquer qu'il peut être très avantageusement remplacé par le gaz des gazogènes, et c'est par l'étude de cette intéressante question que je terminerai ce mémoire.

(1) En Angleterre le prix du mètre cube de gaz d'éclairage à 6 000 calories est de 0,07 à 0,14 *f* ; en France, à Bordeaux et à Fontainebleau, il est à 0,20 *f* actuellement.

§ 5. Petit moteur de la Compagnie parisienne du Gaz, *type de 1891, pour des forces de 50 kg et au-dessous.*

Les figures de la planche 48 représentent une machine verticale à gaz d'un demi-cheval, telle qu'elle a été exécutée aux ateliers de la Compagnie parisienne du Gaz.

La figure 1 est une élévation avec coupe par l'axe OP de la machine; la figure 2, une vue extérieure montrant les organes de la distribution, et la figure 3, un plan avec coupe par l'axe RT des soupapes.

Le gaz, arrivant par le robinet P, s'introduit dans le cylindre à l'appel du piston en se mélangeant avec l'air dans la boîte à soupape d'aspiration E sans passer par aucun organe spécial, soi-disant destiné à rendre le mélange homogène.

Le mélange se comprime au retour du piston pour s'enflammer à la troisième course et s'échapper pendant la quatrième par une soupape placée dans la boîte F. Cette machine a donc un cycle à quatre temps. L'inflammation se fait par l'électricité au moyen d'une touche N au moment convenable.

Le régulateur d'un système spécial à la Compagnie agit sur la soupape S du robinet d'admission par le moyen d'une came C, fixée sur le manchon mobile, et d'un levier d'équerre H *(fig. 2 et 3)*.

L'échappement se produit par l'ouverture de la soupape S' *(fig. 3)* soulevée au moyen de la came U par l'intermédiaire du levier P.

Tous ces organes, touche d'allumage, régulateur et cames, sont montés sur l'arbre de distribution, qui est placé verticalement sur le côté du moteur *(fig. 2)*.

Comme dans toutes les machines à gaz, une circulation d'eau, soit courante, soit par thermosiphon, sert à refroidir le cylindre.

Les dispositions adoptées dans ce moteur, et qui lui sont particulières, sont:

1° Le réglage de la machine par un régulateur à petite vitesse du système de la Compagnie;

2° La suppression de tout organe de mélange intime du gaz et de l'air, qui pénètrent librement dans le cylindre pendant l'ouverture de la soupape d'aspiration.

La légende de la planche I donne tous les renseignements utiles pour bien faire comprendre tous les détails de ce petit moteur.

En produisant la force d'un demi-cheval, la dépense de gaz

a + 15° par heure est de 0,565 m^3, soit une consommation de 1,130 m^3 par cheval effectif et par heure. A vide ce petit moteur dépense 0,280 m^3 par heure.

§ 6. Moteurs a gaz horizontal de la force de 8 chevaux effectifs a deux cylindres *(Système Lenoir)*.

Les moteurs de ce système sont construits par la Compagnie parisienne du Gaz, dans ses ateliers de constructions mécaniques, 319, avenue de Paris, à Saint-Denis (Seine), ainsi que par MM. Rouart frères et Cie, constructeurs-mécaniciens, boulevard Voltaire, 137, à Paris.

Le moteur à gaz représenté sur la planche 48 *(fig. 4, 5 et 6)* est une machine à deux cylindres avec mouvement unique de distribution commun.

Ce moteur se compose d'un bâti auquel sont fixés les deux cylindres en porte-à-faux pour la libre dilatation.

Un arbre moteur à deux manivelles parallèles et tournées dans le même sens reçoit le mouvement des pistons au moyen de bielles guidées par des glissières cylindriques.

Chaque extrémité de l'arbre moteur porte un volant; une poulie placée indifféremment à droite ou à gauche sert à transmettre le mouvement.

Un arbre longitudinal placé entre les deux cylindres, dans l'axe du moteur, reçoit le mouvement de l'arbre manivelle au moyen d'une série d'engrenages qui réduisent sa vitesse à la moitié de celle de la machine.

Cet arbre porte tous les organes de la distribution dont je vais indiquer le fonctionnement.

Aspiration des gaz et son réglage.

Une boîte A *(fig. 7 et 8)*, servant à l'aspiration des gaz des deux cylindres et fixée entre eux à l'arrière, contient deux chambres séparées par deux soupapes verticales.

L'air et le gaz, arrivant par la tubulure T et le robinet R qui se voit dans les figures 4 et 5, pénètrent dans la chambre inférieure *b*, commune aux deux soupapes.

La chambre supérieure est partagée en deux parties C et C', dans lesquelles passe successivement le mélange au moment de l'aspiration des cylindres. Après l'aspiration, les soupapes libres retombent sur leur siège en vertu de la pesanteur, et les cylin-

dres C et C′ ne communiquent plus qu'avec le cylindre adjacent par les conduites *d* et *d′*.

Le robinet à gaz placé sur la boîte A donne seul le gaz nécessaire à l'alimentation des deux cylindres.

Il doit s'ouvrir une fois à chaque tour du moteur, c'est-à-dire deux fois par tour de l'arbre de distribution.

A cet effet, le manchon E *(fig. 10)* porte deux cames *e* et *e′* semblables et diamètralement opposées, mettant en mouvement les leviers L L′ L″ de commande du robinet.

L'introduction du gaz dans les cylindres ne commence qu'au quart de la course du piston, pour finir avec elle, et le repos de la soupape du robinet a lieu pendant une course et quart du piston. Il n'y a donc pas à craindre de perturbation dans la distribution du gaz, se faisant alternativement par deux soupapes placées dans une même boîte.

Il en est de même pour l'air, qui reste stationnaire pendant la course de retour du piston.

Échappement des gaz brûlés.

L'échappement se fait, comme pour les machines à un cylindre, par deux soupapes à ressort S S′ *(fig. 6)*.

Un levier double traverse un support P P′, venu de fonte avec chacune des boîtes d'échappement, et agit sur la soupape correspondante par le moyen d'une came M, qui pousse l'une des branches de ce levier.

Les deux soupapes S S′, ainsi que les leviers doubles, sont placés en regard les uns des autres. L'échappement ayant lieu alternativement dans chacun des deux cylindres et à chaque demi-révolution de l'arbre de distribution, une seule came suffit pour les deux soupapes.

Inflammation par l'électricité.

Deux inflammateurs pénètrent en I et I′ *(fig. 8)* dans l'intérieur des orifices des cylindres, c'est-à-dire au milieu même du mélange détonant. Le courant électrique destiné à enflammer le mélange est communiqué à ces inflammateurs au moyen d'un distributeur formé d'une came O, qui se met en contact au moment voulu avec les touches à ressort placées sur les supports des leviers d'échappement.

De même qu'il y a un échappement, il y a une inflammation à chaque demi-tour de l'arbre de distribution. La came O produit

seule les deux inflammations; elle se trouve fixée sur le même manchon que la came d'échappement.

Régulateur.

Le régulateur est le même que celui des machines à un cylindre. La commande seule diffère en ce qu'elle se fait par engrenages au lieu de se faire par corde. Son action est plus efficace, parce que sa vitesse est toujours proportionnelle à celle de la machine, ce qui n'a pas lieu avec une commande par une corde qui glisse un peu au moment des accélérations ou ralentissements de vitesse. La sensibilité du régulateur est plus grande avec les engrenages, et la machine gagne en régularité.

Mise en marche.

La mise en marche peut être retardée par deux causes : la compression que la force du conducteur de la machine ne réussirait pas toujours à vaincre, et l'inflammation prématurée du mélange quand le volant ne tourne encore que lentement.

Pour obvier à ces deux inconvénients, le manchon qui porte les cames d'inflammation et d'échappement a été fait mobile sur son arbre, et porte une deuxième série de cames qui doivent être amenées en face des leviers des soupapes et des touches d'inflammation.

L'une de ces dernières cames *n (fig. 11 et 12)* retarde le passage de l'étincelle, et l'autre N laisse échapper une partie des gaz comprimés.

Quand on veut mettre la machine en marche, on fait glisser le manchon sur l'arbre en le tirant par le bouton V. Le manchon prend alors la position indiquée sur la figure 12.

Lorsque le moteur a acquis sa vitesse normale, on repousse le manchon dans sa position première *(fig. 11)*.

Un taquet à ressort placé dans le manchon le maintient fixé dans ses deux positions.

Ces machines, par la régularité de leur marche, sont plus particulièrement destinées aux installations de lumière électrique.

Il peut arriver que, dans une installation existante, on n'ait besoin momentanément que d'une partie de la force de la machine. La dépense de gaz se règle d'elle-même dans ce cas, mais la vitesse du moteur devient irrégulière en raison des aspirations non continues de gaz.

Pour remédier à ce défaut, une pièce mobile, adaptée à la tige

du robinet et munie d'entailles étagées, permet l'admission d'un mélange moins riche en gaz, donnant des inflammations moins énergiques, mais capables de rendre au mouvement la vitesse qu'il perdrait en cas de non-aspiration.

Telles sont les dispositions générales du moteur à deux cylindres construit par les ateliers de la Compagnie du Gaz.

§ 7. — Un moteur de construction semblable, de la force effective de 24 chevaux, a fonctionné cinq à six heures par jour et tous les jours pendant la durée de l'Exposition de 1889, en ne dépensant que 0,655 m^3 de gaz par heure et par cheval effectif mesuré sur l'arbre. Sans autre entretien que les soins ordinaires du machiniste, sans aucun démontage, il a été essayé par ordre de M. Vigreux à la fin de l'Exposition, et il a été constaté que sa dépense, 655 *l*, était restée constante.

§ 8. — A la Compagnie Parisienne du Gaz, on admet qu'un moteur bien entretenu peut marcher douze heures par jour pendant cinquante jours, sans réclamer le démontage de ses soupapes pour être nettoyées à fond. Quand ce nettoyage se fait, ce n'est pas, à bien dire, pour roder les soupapes qu'il est nécessaire, mais c'est pour les débarrasser du noir de fumée dû à la combustion incomplète, dans le cylindre moteur, du gaz et des huiles de graissage.

§ 9. — M. le professeur Hirsch a essayé un moteur de 16 chevaux du même système, construit par MM. Rouart frères, et, dans un rapport fait à la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, il déclare, à la date du 11 juillet 1890, que la dépense par heure et par cheval effectif de ce moteur a été de 0,601 m^3 de gaz pris à + 15° et à 760, soit de 5 300 cal. $\times$ 0,601 m^3 = 3 185 cal., ou de l'équivalent de

$$\frac{3\,185 \text{ cal.} \times 1\ kg}{8\,000 \text{ cal.}} = 0{,}398\ kg,$$

en chiffre rond de 400 *g* de houille de première qualité à 8 000 calories au kilogramme, avec rendement thermique de 20 0/0.

§ 10. — La planche 3 fait voir 18 diagrammes de divers moteurs de la Compagnie Parisienne du Gaz, depuis les forces de 50 *kg* jusqu'à celle de 24 chevaux effectifs. Ces diagrammes montrent que la compression varie entre 2,500 et 3 *kg*, et que la pression maxima due à l'explosion varie entre 10 et 12 *kg*.

§ 11. — Le tableau ci-dessous donne les consommations de gaz

pris à + 15° et à 760 par heure et par cheval effectif des moteurs à gaz système Lenoir, depuis la force de 2/3 de cheval jusqu'à celle de 24 chevaux, en bonne pratique industrielle. On y remarque que la dépense maxima des petits moteurs est de 760 *l*, tandis que celle des gros moteurs ne dépasse pas 652 *l*: d'où il suit que les petits moteurs ne consomment que 14 0/0 en plus que les gros, alors que, pour les machines à vapeur, entre les petites et les grosses, le rapport des dépenses *(consommation par heure et par cheval effectif)* est comme 3 est à 1.

COMPAGNIE PARISIENNE
D'ÉCLAIRAGE ET DE CHAUFFAGE PAR LE GAZ

SERVICE
DES TRAVAUX MÉCANIQUES

Machines à Gaz.

Consommation de Gaz.

FORCE DES MACHINES	NUMÉROS des MACHINES	CONSOMMATION à VIDE	CONSOMMATION au FREIN	CONSOMMATION par CHEVAL	DATES DES ESSAIS
		litres	*litres*	*litres*	
2/3 de cheval.	201	280	800	»	28 février 1891.
2 chevaux.	142	610	1,460	730	18 août 1891.
2 —	146	620	1,520	760	19 septembre 1891.
4 —	76	882	2,760	690	1er septembre 1887.
4 —	155	1,500	2,900	725	6 juillet 1891.
6 —	96	1,320	4,260	710	15 janvier 1890.
6 —	97	1,360	4,380	730	17 janvier 1890.
8 — , 4 cylindres.	92	1,560	5,640	705	5 février 1889.
8 —	93	1,580	5,750	718	27 avril 1889.
8 — , 2 cylindres	36	2,460	5,625	703	14 octobre 1887.
12 —	111	2,938	8,470	706	22 mars 1889.
12 —	112	3,050	8,600	717	9 avril 1889.
16 — sans glissières.	136	3,490	10,434	652	21 juin 1890.
16 — avec glissières.	118	2,850	10,430	652	2 mai 1889.
24 —	125	4,320	15,300	638	8 août 1889.
24 —	126	5,500	15,350	640	23 août 1889.

Moteurs à gaz marchant au gaz des gazogènes.

§ 12. — Vers 1862, deux inventeurs ont essayé de faire fonctionner au gaz à l'eau et au gaz d'un gazogène un moteur Lenoir *(de cette époque)*.

Le gaz à l'eau était produit dans des cornues chauffées à haute température; elles étaient remplies de charbon de bois et traversées par un courant de vapeur surchauffée (1).

Le gaz de gazogène était aussi obtenu avec du charbon de bois;

(1) Système de M. Trébouillet.

le gazogène comme celui de M. Dowson ressemblait beaucoup à un poêle Choubersky, il n'était pas soufflé, le moteur aspirait directement sur ce générateur qui, dans sa partie supérieure, possédait un vaporisateur et un surchauffeur de vapeur utilisant sa chaleur rayonnante perdue à surchauffer l'eau et la vapeur (1).

Cette vapeur légèrement surchauffée venait déboucher sous le cendrier, où elle se mélait à l'air : le mélange d'air et de vapeur surchauffée traversait le combustible *(le charbon de bois)* pour donner un gaz mixte, mélange de gaz dit de fourneau et de gaz à l'eau.

Je n'ai pas eu à cette époque (1862) d'analyse de ces deux gaz; mais, avec l'expérience que j'ai acquise depuis sur la gazéification des combustibles, je suis disposé à croire que le gaz à l'eau des cornues ramené à 0° et à 760 possédait au mètre cube 2 400 à 2 500 calories et que le mètre cube de gaz mixte de gazogène pouvait arriver à 1 350 calories.

Mais, comme le moteur primitif de M. Lenoir *(de cette époque)* consommait 2,500 m^3 à 3 m^3 de gaz d'éclairage, à 5 550 calories, par heure et par cheval effectif, on conçoit qu'avec ces gaz pauvres, il ne pouvait produire aucun travail utile. Aussi, si j'ai constaté que le moteur tournait à vide très régulièrement, j'ai reconnu que la moindre charge l'arrêtait net. Donc, en 1862, l'idée de faire fonctionner les moteurs à gaz avec d'autres gaz que celui d'éclairage existait déjà, et cette idée fut mise en pratique, mais sans succès, comme je viens de le dire.

§ 13. — Vers 1879 à 1880, les moteurs à gaz à quatre temps et à compression étant arrivés à un grand degré de perfection, M. E. Dowson reprit l'idée de faire fonctionner ces nouveaux moteurs au gaz des gazogènes, en employant un générateur semblable à celui au charbon de bois que je viens de faire connaître; seulement, M. Dowson, au lieu de produire la vapeur avec la chaleur perdue du gazogène, a obtenu celle-ci dans une chaudière spéciale sous pression de 5 à 6 *kg* en la surchauffant et en la faisant passer par une soufflerie à vapeur, genre Kœrting; quoiqu'ici la vapeur soit préalablement surchauffée à 300, et même par moments à 450° (2), après détente, dans la soufflerie, elle donne un mélange d'air et de vapeur qui arrive sous la grille, dans le cendrier, sous

(1) Système de M. Arbos, professeur à l'Université de Barcelone (Espagne).

(2) Le serpentin surchauffeur employé à cet effet est en fer ou en acier, sa durée est très courte, il est rapidement rongé par l'oxydation.

pression de 75 à 80 *mm* d'eau, à la température moyenne de 85°. C'est ce mélange qui traverse le combustible pour le transformer en gaz de chauffage *pour moteur*. Mais ici le combustible est de l'anthracite d'Angleterre, de premier choix, cassé à la grosseur de 25 à 40 *mm*, puis criblé et bien débarrassé du fin et des dernières traces de poussier; *sans quoi la marche régulière de l'appareil ne saurait être assurée*. Les nombreuses analyses que je possède sur les gaz Dowson me permettent de dire que sa puissance calorifique moyenne varie entre 1 317 et 1 388 calories au mètre cube ramené à 0° et à 760.

§ 14. — Depuis 1887 je construis avec les chantiers de la Buire, de Lyon, des gazogènes qui, quoique cylindriques, possèdent tous les perfectionnements de nos grands gazogènes; ils diffèrent de celui de M. Dowson, en ce qu'ils sont soufflés au ventilateur et en ce qu'une partie du calorique perdu est utilisé à surchauffer l'air qui est refoulé sous leurs grilles; quant à la vapeur, elle est produite par un courant d'eau chaude à 70° venant du moteur qui, par évaporation dans le cendrier fermé, sature l'air chaud; la pression est la même que pour les appareils de M. Dowson, soit de 75 à 80 *mm* d'eau. Avec le même anthracite on obtient dans les installations de la Buire du gaz à 1 548 calories au mètre cube à 0° et à 760; mais avec les charbons anthraciteux de France, du Creusot, d'Anzin, du Gard, etc., le gaz tombe à 1 380 calories et même 1 300, également au mètre cube à 0° et à 760.

§ 15. — Ici je ferai remarquer que, pour qu'un moteur à gaz puisse fonctionner, il doit recevoir du gaz au minimum à 1 200 calories au mètre cube pris à 0° et à 760; mais, pour le bien et pour plus sécurité, le gaz doit être à 1 300 calories. Comme il est facile de le voir, le choix du combustible, la grosseur à laquelle il doit être cassé et la nécessité de le bien débarrasser du poussier, en font un combustible cher et onéreux, faisant perdre en grande partie les avantages de la supériorité qu'ont les moteurs à gaz sur les machines à vapeur, au point de vue économique.

§ 16. — D'après les nombreuses expériences de M. le docteur A. Witz, la marche des moteurs de 20 à 50 chevaux effectifs peut être obtenue avec une dépense de 0,600 *kg* d'anthracite anglais, par heure et par cheval effectif; c'est juste la moitié de la dépense des machines à vapeur les plus perfectionnées; donc il est permis de dire que le moteur à gaz, marchant au gaz de ga-

zogène, fait une économie de 50 0/0 sur toutes les machines à vapeur réputées aujourd'hui comme les plus parfaites. Malheureusement, l'économie en poids n'est pas toujours une économie en argent, vu que souvent en France il faut payer *la tonne* d'anthracite cassé et criblé, débarrassé de poussiers, 35, 40 et même 45 *f*, alors que les bons charbons à vapeur ne sont payés que de 15 à 25 *f* au plus dans les mêmes localités.

§ 17. — Les grands gazogènes marchant aux houilles tout venant, menues et fines diverses, s'ils ont tous les perfectionnements qu'on peut leur donner, *sans sortir d'une bonne pratique industrielle*, peuvent fournir des gaz depuis 1 300 jusqu'à 1 600 calories au mètre cube pris à 0° et à 760 : donc ils peuvent assurer la marche économique des grands moteurs à gaz et réaliser pratiquement l'économie de 50 0/0 sur les machines à vapeur les plus perfectionnées.

Malheureusement, les grands gazogènes pour donner de bon gaz doivent marcher jour et nuit : donc ils réclament de grands gazomètres si les moteurs ne marchent pas aussi jour et nuit ; d'un autre côté, pendant le piquage, le nettoyage et le chargement de ces appareils, le gaz devient médiocre et peut tomber au-dessous de 1 200 calories le mètre cube : donc les grands gazomètres sont encore indispensables pour faire une bonne moyenne à 1 450 calories par exemple. Or les grands gazomètres coûtent aussi cher que les chaudières à vapeur pour des forces égales. Cette nécessité d'avoir une moyenne pour ainsi dire *invariable*, tient à ce que dans les moteurs à explosions, *le mélange tonnant est une cartouche gazeuse*, et pour avoir le maximum d'effet utile des explosions, il faut que le rapport en volume entre le gaz et l'air reste invariable : en effet, plus un gaz est riche, plus il consomme d'air et plus il est pauvre, moins il en réclame ; il suit donc de là que si la qualité du gaz varie, la quantité d'air en volume doit varier aussi. Comme ces variations ne peuvent être obtenues qu'à la main, le machiniste ne peut plus quitter son moteur, dont la marche peut être dérangée à toute minute.

§ 18. — Le moteur étant à 4 temps, pour un même diamètre et une même course de piston, ne donne, pour une même vitesse de rotation, que le quart de ce que donnerait en travail effectif une machine à vapeur de mêmes dimensions : d'où il suit qu'un moteur à gaz d'une force déterminée coûte beaucoup plus cher qu'une machine à vapeur de même puissance.

§ 19. — En résumé, une installation d'une force donnée avec moteur à gaz, gazogène, laveur, épurateur, gazomètre et canalisation d'eau et de gaz, coûte entre 50 et 60 0/0 plus cher qu'une installation à vapeur de même force effective, étant donné et dit que, dans les deux cas, la construction et l'installation sont parfaites et irréprochables. Cependant, il faut reconnaître que le moteur à gaz peut réaliser pratiquement une économie de 50 0/0 en argent sur la machine à vapeur la plus perfectionnée de même force, et que cette économie, dans beaucoup de cas, peut permettre d'amortir en dix-huit mois à deux ans la plus-value de capital immobilisé réclamée par l'installation au gaz.

Pour vérifier tout ce qui est dit ici, on peut consulter les remarquables rapports de MM. Hirsch et A. Witz, où l'on trouvera des tableaux renfermant les consommations de gaz en volume, ainsi que les dépenses correspondantes de combustible, avec les utilisations thermiques.

En terminant, je ferai remarquer qu'en laissant de côté l'utilisation thermique de la vapeur une fois formée sous une pression déterminée et celle des gaz renfermés dans leurs gazomètres, il ne faut pas perdre de vue les pertes dues à leur production ou génération, soit leurs transformations en fluides moteurs.

a. Ainsi, pour la vapeur, obtenir en bonne pratique industrielle 9 *kg* de vapeur *réelle*, sous pression de 6 *kg (en prenant l'eau d'alimentation à + 30°)* par kilogramme de houille de première qualité à 8 000 calories, est considéré à juste titre comme un excellent résultat, que très peu de chaudières à vapeur réalisent. La perte, dans ces conditions considérées comme exceptionnellement avantageuses, est encore de :

$$\frac{8\,000 \text{ cal.} - [(657 \text{ cal.} - 30 \text{ cal.}) \times 9 \text{ kg} \times 100]}{8\,000 \text{ cal.}} = 29\ 1/2 \text{ à } 30,$$

soit une perte de 30 0/0.

b. Pour la production du gaz d'éclairage, en admettant, ce qui est vrai généralement, que le coke et le goudron se vendent à la tonne le même prix que la houille qui les a produits, en tenant compte, de plus, de la valeur des eaux ammoniacales, on trouve que le gaz, le coke et le goudron représentent 80 0/0 de la valeur calorifique de la houille qui les a formés, si les fours à cornues sont d'un bon type et chauffés par le gaz des gazogènes avec récupérateurs.

La perte ici due à la transformation du combustible solide en combustible gazeux n'est que de 20 0/0.

Mais les frais généraux d'une usine à gaz d'éclairage et la main-d'œuvre que réclament ses manipulations doublent les frais de fabrication ; de sorte que la perte rapportée au prix de revient peut être évaluée à 40 0/0.

c. Pour la production du gaz à l'eau par les procédés de Teissié du Motay, perfectionnés par M. Strong et autres, la perte est très considérable ; elle peut être ainsi évaluée au total à :

1° Perte pour produire la vapeur.	8 0/0
2° Perte due à la récupération dans les appareils Cowper	32 0/0
3° Perte due à la gazéification dans le gazogène . . .	20 0/0
Perte totale	60 0/0

De plus, dans une usine produisant le gaz à l'eau C O et H à 94 0/0, les frais généraux et la main-d'œuvre sont aussi considérables que dans une usine à gaz d'éclairage, pour les mêmes quantités de combustible transformé en volumes gazeux différents, mais renfermant la même quantité totale de calories.

Excepté pour le soudage des tôles de fer et d'acier doux, où il est considéré comme agent réducteur desoxydant, pour la fabrication des tubes de gros diamètre, système Fox, etc., on a renoncé à ce gaz que l'on a toujours trouvé beaucoup trop coûteux pour tous les autres usages.

d. La perte due à la transformation du combustible solide en combustible gazeux est de 40 0/0 en moyenne dans les gazogènes Siemens et leurs dérivés ; *mais dans les gazogènes à cendriers fermés, à radiers arrosés* (faisant fonction de vaporisateurs et de surchauffeurs) *et à barrages*, la perte varie suivant les qualités des combustibles gazéifiés et suivant la perfection apportée dans la construction des appareils, entre 15 et 20 0/0 ; on peut l'estimer au maximum à 20 0/0, en donnant du gaz entre 1 350 et 1 500 calories le mètre cube, pris à 0° et à 760, c'est-à-dire parfait pour être consommé par les moteurs à gaz.

Conclusion. — On voit donc ici que le gazogène perfectionné *(comme j'en pourrais citer deux cents)* est un meilleur transformateur que la chaudière, puisqu'il ne perd que 20 0/0 là où celle-ci perd 30 0/0 : si à cela on ajoute que le rendement thermique du moteur à gaz est double de celui de la machine à vapeur la plus perfectionnée, la supériorité du moteur à gaz sur la machine à vapeur est facile à constater. Donc un bel avenir est réservé aux moteurs à gaz qui, datant d'hier, font déjà plus de 50 0/0 d'économie sur les machines à vapeur les plus parfaites.

NOTES ANNEXES

EMPLOI DU GAZ D'ÉCLAIRAGE

COMME FORCE MOTRICE

Après une période d'une trentaine d'années de tâtonnements qui ont donné des résultats plus ou moins satisfaisants, on est arrivé à établir des moteurs à gaz susceptibles d'être employés dans toute espèce d'industrie et notamment pour la production de la force nécessaire pour l'éclairage électrique; aussi ce genre de force motrice prend-il une extension toujours croissante.

Les avantages résultant de leur emploi comme sécurité, emplacement restreint et facilité de conduite, les font rechercher et en généralisent l'application.

Les moteurs à gaz se divisent en trois types différents qui sont :

1er type. — Les moteurs marchant avec le mélange explosif non comprimé;

2e — Les moteurs atmosphériques;

3e — Les moteurs marchant avec le mélange préalablement comprimé avant l'inflammation.

Premier type.

Un des premiers moteurs de ce genre qui a été construit est l'ancien moteur Lenoir, qui était à double effet, c'est-à-dire que l'explosion du mélange non comprimé avait lieu alternativement sur chaque face du piston,

L'allumage se faisait électriquement.

Ce moteur qui avait l'aspect d'une machine à vapeur, n'a pas donné de résultats satisfaisants sous le rapport de l'économie, car il dépensait jusqu'à près de 2,5 m^3 de gaz à l'heure par force de cheval. Malgré ses imperfections, de nombreuses applications en ont été faites; mais on les a abandonnées quand vinrent des machines perfectionnées et plus économiques.

De ce type il a paru beaucoup d'autres moteurs, tels que les moteurs Bischopp, Bénier, Ravel, Forest, etc. Toutes ces machines ont une marche plus ou moins satisfaisante, mais ont une consommation de gaz très élevée.

Deuxième type.

Les moteurs de cette catégorie sont ceux dont le gaz n'est employé que pour établir le vide dans le cylindre moteur ; c'est alors la pression atmosphérique qui agit comme effet utile.

La machine verticale Otto et Langen qui a paru en 1867 est établie sur ce principe. Le piston recevant l'impulsion de l'inflammation du mélange est fixé à une crémaillère et est projeté à une assez grande hauteur sans entraîner l'arbre moteur. Il se produit alors, par le refroidissement des gaz, un vide sous la face inférieure de ce piston. La pression atmosphérique agissant sur la face supérieure le fait redescendre et pendant la descente un embrayage spécial permet à la crémaillère d'entraîner l'arbre du volant pendant que se fait l'échappement des résidus de la combustion.

Cette machine est très économique comme consommation de gaz (750 *l* par cheval-heure, même pour les petites forces); mais elle est très bruyante et a un système d'embrayage très compliqué.

Elle ne peut être construite que pour des forces de 1 à 4 chevaux comme maximum.

Troisième type.

Ce genre de moteurs est celui dont le mélange explosif a été préalablement comprimé avant son inflammation.

Les machines employées pour arriver à ce résultat sont généralement établies pour opérer la compression dans le cylindre moteur même par le moyen du cycle à quatre temps de M. Beau de Rochas. C'est-à-dire :

1° Aspiration du mélange gaz et air;
2° Compression au retour du piston;
3° Inflammation et déflagration;
4° Expulsion des résidus de la combustion.

Depuis que l'emploi de ce cycle est tombé dans le domaine public, la plupart des nouveaux moteurs qui se construisent sont établis sur ce principe.

Quelques constructeurs ont imaginé de faire la compression en dehors du cylindre moteur dans un appareil spécial; les résultats obtenus permettaient, il est vrai, d'avoir une explosion à chaque tour du volant; mais la dépense de gaz ne différait pas de l'emploi du cycle à quatre temps, et, en outre, cette disposition augmente les organes de la machine et multiplie les résistances produites par les frottements.

Moteurs horizontaux Otto et Lenoir.

Parmi les moteurs en usage, il faut citer le moteur Otto, qui est très bien établi et d'une construction bien mécanique. L'emploi du tiroir exige, il est vrai, beaucoup de surveillance; l'allumage, qui se fait par un transport de flamme, exige une grande propreté de cet organe et de fréquents nettoyages; mais, en somme, c'est un bon moteur économique et dont l'usage est très répandu.

Le nouveau moteur Lenoir a beaucoup d'analogie avec ce dernier, sauf la distribution du mélange qui se fait par soupapes au lieu du

tiroir. Cette disposition a l'avantage d'éviter les accidents qui peuvent arriver à cet organe, qui est sujet à gripper par cause d'un manque de graissage ou par un montage défectueux après nettoyage. Ce tiroir travaillant à découvert, les poussières peuvent s'y attacher; par l'emploi des soupapes, on évite tous ces inconvénients.

Dans le moteur Lenoir, les soupapes sont accessibles et faciles à nettoyer, condition essentielle pour une bonne marche.

Dans ces deux genres de moteurs, un régulateur à boules, très sensible, règle la vitesse de la machine en supprimant totalement l'admission du gaz quand la vitesse normale est dépassée.

La compression préalable est de 2,1/3 à 3 atmosphères, et la pression maximum à l'inflammation est de 9 à 10 atmosphères.

Le diagramme obtenu sur le moteur Lenoir offre cette particularité, c'est qu'au point maximum, la courbe, au lieu de descendre brusquement, inscrit pendant un certain temps une ligne parallèle à la ligne de terre. La pression se maintient donc égale pendant cette partie de la course du piston.

Pour les machines où l'on a besoin d'une grande régularité de marche, telles que dans les installations d'éclairage électrique, on emploie deux cylindres moteurs accouplés qui agissent alternativement, de sorte que l'on a une inflammation à chaque tour de volant.

Parmi les moteurs à compression qui ont paru en dernier lieu et qui sont en usage, l'on peut citer les moteurs Niel, Kœrting, Benz et Charon.

La Compagnie Parisienne du Gaz vient de créer un nouveau moteur vertical spécialement pour les petites forces de 20, 50 et 100 kilogrammètres. Ces machines sont avantageuses au point de vue du peu d'emplacement qu'elles occupent.

La disposition des soupapes d'alimentation et d'échappement est la même que dans le moteur horizontal Lenoir; un régulateur à boules agit directement sur la cause d'admission du gaz et l'allumage se fait électriquement.

La consommation de gaz de ces moteurs n'est pas exagérée; elle est environ de 700 *l* par heure pour la machine de 50 kilogrammètres.

La consommation moyenne de la machine horizontale Lenoir est de 700 *l* par cheval-heure jusqu'à 8 chevaux; au delà, elle s'abaisse à 600 *l*.

Moteur Niel.

Ce moteur, d'une construction simple, a une marche régulière.

L'emploi des soupapes d'arrivée d'air et de gaz est remplacé par un robinet conique à pression automatique à l'aide d'un ressort, et en outre ayant son joint assuré par la pression de la déflagration du mélange qui agit sur lui au moment de l'explosion.

Ce robinet qui fait l'admission du mélange sert aussi à l'allumage, qui se fait par incandescence. Devant lui est placé le tube en fer qui est logé dans une cheminée en fonte garnie intérieurement d'un enduit réfractaire. Ce tube est porté à l'incandescence par un chalumeau brûlant en permanence. — D'après le mouvement rotatif du robinet, il se

trouve alternativement en face d'un petit orifice qui communique avec le conduit d'air et gaz existant dans ce robinet. — C'est à ce moment que le mélange explosif comprimé vient se précipiter sur le tube et s'enflamme. Pendant ce temps, le robinet a fermé la communication avec l'extérieur et l'explosion est localisée dans le cylindre.

Cette disposition exige une construction très soignée de cet organe et un graissage abondant. Aussi emploie-t-on un graisseur automatique, genre Otto.

Une des particularités de cette machine est la disposition du régulateur, d'un nouveau genre, à lame flexible, dont l'action est instantanée sur l'admission du gaz.

Il se compose d'un levier articulé dont l'extrémité qui est libre reçoit une pièce à trois branches pouvant pivoter. Une de ces branches reçoit une lame flexible portant une certaine masse à son extrémité. — La deuxième branche vient buter contre une vis de butée réglable, et la troisième branche est celle qui vient attaquer ou échapper le loquet à talon qui repose sur la tige d'admission du gaz. — Le levier articulé est commandé par un excentrique calé sur l'arbre de distribution et, selon la vitesse de la machine, vient opérer un choc plus ou moins violent sur la vis de butée. La troisième branche a alors un chemin plus ou moins grand à parcourir et évite la rencontre du talon d'admission quand la vitesse normale est dépassée.

Cette disposition a l'avantage de pouvoir faire varier la vitesse de la machine par le réglage de la vis de butée, que l'on monte et descend à volonté.

Moteur vertical Kœrting.

Ce moteur a un allumage d'une grande simplicité. Dans la boite renfermant le mélange explosif, plonge un piston qui fait l'admission du gaz et l'allumage également.

Voici de quelle façon s'opère l'inflammation :

Le piston est percé d'un petit trou qui communique d'un côté avec l'intérieur de la chambre de mélange, et de l'autre avec l'extérieur de la boite. — Un petit brûleur permanent est disposé horizontalement, et lorsque l'ouverture faite dans le piston se trouve en contact avec la flamme de ce brûleur, le mélange comprimé contenu dans la boite s'allume et vient enflammer celui qui est dans le cylindre.

Ce genre d'allumage est simple, mais ne peut s'appliquer que dans le cas d'une faible compression. C'est ce qui doit avoir lieu dans le moteur Kœrting, car il est à remarquer qu'au moment où l'orifice se découvre, la flamme du brûleur est peu agitée.

Le régulateur se compose d'une couronne formant masse, maintenue autour de l'arbre du volant par des ressorts à boudin. Sous l'effort de la force centrifuge, elle se déplace quand la vitesse normale est dépassée, agit sur le levier d'admission à l'aide de galets et produit un enclenchement qui interrompt l'admission du gaz.

Les autres organes de ce moteur n'ont rien de particulier.

La consommation annoncée est de 1 m^3 par cheval-heure environ.

Moteur vertical Benz.

Ce moteur fait sa distribution et son échappement par soupapes et n'a rien de particulier dans ces organes.

L'admission du gaz est réglée par un régulateur à boules placé horizontalement à l'extrémité de l'arbre du volant.

L'allumage se fait par incandescence et sans obturateur. — Le tube est logé dans une cheminée et est en communication directe avec l'intérieur du cylindre. — Il est porté à l'incandescence à sa partie supérieure par un chalumeau permanent. — Le mélange air et gaz n'est pas en contact avec le tube à son entrée dans le cylindre, et, par conséquent, ne peut pas s'enflammer. — Au moment de la compression, il est refoulé dans l'intérieur du tube, dont la partie supérieure seule est incandescente; la longueur de ce tube est telle, que c'est au moment où le piston est arrivé à fond de course que le mélange comprimé a atteint la partie chauffée qui doit l'enflammer.

Cette machine est peu volumineuse. Sa vitesse est de 200 tours par minute pour des forces d'un cheval et d'un demi-cheval.

Moteur Charon.

Parmi les nouveaux moteurs parus, le moteur Charon offre, sous le rapport de l'économie, une amélioration sensible dans l'emploi du gaz comme force motrice.

La consommation annoncée n'est que de 500 *l* par cheval-heure pour les forces à partir de 8 chevaux.

Celle pour moteur de 2 chevaux serait de 650 *l* par cheval et de 550 *l* pour machine de 4 chevaux.

Ce moteur est horizontal, à quatre temps, avec allumage électrique.

Il diffère de tous les autres en ce qu'il est à détente variable par le régulateur.

Deux soupapes sous l'influence du régulateur règlent, l'une, l'admission du gaz, et l'autre, la quantité de mélange comprimé nécessaire à la marche normale de la machine. — La came d'admission de gaz est conique, de façon que, quelle que soit la vitesse du moteur, il y a toujours admission. — La soupape réglant la détente, commandée par une came mobile, fait l'aspiration d'air pendant toute la course du piston, mais, sous l'action du régulateur, peut rester encore ouverte un temps plus ou moins long pendant le retour du piston. — Il en résulte que la quantité de mélange conservé dans le cylindre est variable. — Une partie du mélange qui a échappé à la compression est enmagasinée dans un serpentin placé à l'arrière du moteur, d'où il est repris à l'aspiration suivante.

La détente change donc alors avec la compression. Le développement général des spires du serpentin doit avoir la longueur suffisante pour que le mélange qu'il tient en réserve ne s'échappe pas par la partie inférieure qui est ouverte.

L'économie réalisée par ce moteur est due à cette disposition.

Sa vitesse moyenne est de 165 tours par minute.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES ET PRATIQUES SUR LA CONSTRUCTION DES MOTEURS A GAZ

Les moteurs dont l'emploi est le plus en usage sont ceux du troisième type *(à quatre temps)*. Ce sont les plus économiques et qui offrent les meilleures conditions de force et de régularité. Ils doivent avoir une construction robuste, car l'effet dynamique étant produit par une série de chocs plus ou moins violents sur la surface du piston, il est nécessaire que les pièces composant ces machines soient établies de façon à éviter toute rupture et trépidation.

Ces moteurs étant conduits généralement par des mains peu expérimentées, doivent avoir le plus de simplicité possible dans le nombre et la disposition des organes qui les composent.

Tous ces organes doivent être disposés de façon à en avoir l'accès facile pour les nettoyages et graissages.

Il est nécessaire que toutes ces pièces soient facilement démontables en vue des réparations éventuelles qui peuvent se présenter.

Graissage.

On doit rechercher le mode de graissage donnant le plus de sécurité, car c'est un point important pour un bon fonctionnement. — Un graissage insuffisant peut occasionner des accidents graves, tels que grippage des parties frottantes qui sont soumises à une très haute température, et un graissage trop abondant, outre qu'il devient onéreux, encrasse les organes, notamment les soupapes, et les empêche de fonctionner convenablement.

Rafraîchissement du cylindre.

Le moyen de rafraîchissement du cylindre qui est le plus efficace est la circulation d'eau. Le graissage se fait alors dans de bonnes conditions. — Dans certaines machines, on emploie le refroidissement à l'aide d'ailettes entourant le cylindre ; mais ce moyen n'est applicable que pour les petites forces et pour les machines marchant avec le mélange non comprimé.

Distribution du mélange explosif.

La distribution du mélange explosif *(gaz et air)* se fait de différentes façons : par tiroir ou par soupapes. — Le tiroir est un organe délicat, il exige une construction parfaite, une surveillance pour le graissage et des nettoyages fréquents. — L'emploi des soupages est plus pratique, elles subissent moins de déformation dans leur travail. — On doit éviter de les faire agir par chocs ; pour cela, les leviers qui les commandent doivent être, le plus possible, accompagnés par les cames de la distribution. — Elles doivent pouvoir se nettoyer et roder facilement, et, par conséquent, être disposées d'une façon facilement abordable.

Allumage.

Il existe plusieurs modes d'allumage : celui par transport de flamme, qui nécessite l'emploi d'un tiroir ; — celui par incandescence, décrit précédemment dans la description des moteurs Niel et Benz, — et celui de l'allumage par étincelle électrique.

Ce genre d'inflammation est avantageux, il n'échauffe pas le cylindre, il est économique et si on a le soin de bien entretenir ses piles, on marche avec toute sécurité.

Régulateur.

Le régulateur doit être très sensible. Dans la plupart des moteurs actuels, il supprime totalement l'admission du gaz dans le cas de l'accroissement de la vitesse normale ; cependant, dans certaines applications, on se sert d'une came conique ou échelonnée qui modifie cette admission, mais ne la supprime pas entièrement. Cette modification a pour but de régulariser la marche du moteur.

Certains constructeurs ont imaginé de faire agir le régulateur sur la soupape d'échappement ; dans ce cas, lorsqu'elle se lève à l'admission, l'admission de gaz n'a pas lieu.

Guidage du piston.

Les moteurs à gaz peuvent être établis avec glissières guidant la tige du piston, ou sans glissières avec la bielle articulée directement sur le piston. Cette dernière disposition a l'avantage de raccourcir notablement la longueur de la machine et on peut l'employer sans inconvenient à la condition que le piston ait la longueur suffisante pour être bien guidé dans le cylindre. Dans ce dernier cas, la construction est bien simplifiée.

Échappement.

Les tuyaux d'échappement doivent avoir une section suffisante pour laisser échapper librement les produits de la combustion. Ils doivent être le plus court possible et l'on doit éviter les coudes dans lesquels il se forme des dépôts qui attaquent le métal et finissent par le crever.

APPAREILS ANTIFLUCTUATEURS.

Tout moteur à gaz alimenté par une canalisation produit dans celle-ci des variations de pression qui se font sentir, dans un rayon assez étendu, sur tous les brûleurs alimentés par cette même conduite.

Sur les becs à verre il se produit des oscillations qui nuisent beaucoup à l'éclairage.

Pour obvier à cet inconvénient, différents appareils ont été créés et ont donné des résultats satisfaisants.

Les principaux en usage sont :

1° L'appareil Schubert, exploité par MM. Bizot et Akar ;

2° L'appareil de la Compagnie continentale des Compteurs à gaz. J. Brunt et Cie ;

3° L'appareil rhéométrique créé par la Compagnie parisienne du Gaz.

Appareil Bizot et Akar.

Cet appareil est placé sur le tuyau d'arrivée du gaz et directement sur la poche. Il consiste en un robinet à papillon dont l'ouverture et la fermeture sont commandées par une roue dentée actionnée par une crémaillère qui elle-même est commandée par un levier articulé portant deux branches qui, appuyant sur les faces extérieures de la poche, en reçoit

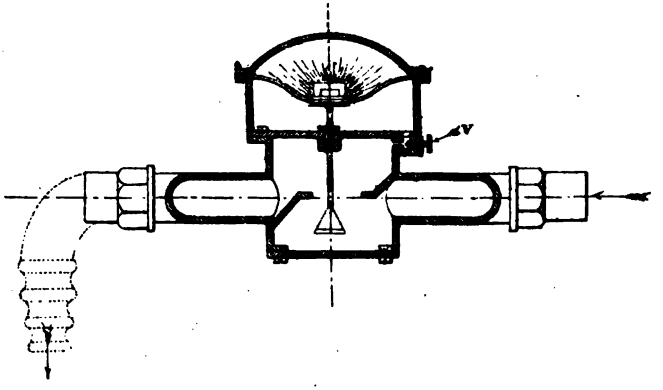
les pulsations. Les branches du levier en s'écartant ou se rapprochant font monter ou descendre la crémaillère qui agit sur la roue dentée fixée sur l'axe du papillon du robinet d'alimentation de la poche.

L'appareil règle automatiquement l'arrivée du gaz dans la poche sans lui permettre de la remplir ; il laisse pénétrer d'une manière continue, la quantité de gaz nécessaire pour la marche du moteur.

Appareil Brunt et C^ie^.

Il se place sur la conduite de gaz reliant le compteur à la poche.

Il se compose d'une boite qui reçoit à sa partie supérieure une membrane flexible et étanche après laquelle est suspendu un cône maintenu par une tige fixée à cette membrane *(fig. 1)*. Cette dernière qui reçoit la



pression du gaz en subit les dépressions, et en s'élevant ou s'abaissant, entraine avec elle le cône régulateur qui découvre plus ou moins l'orifice du tuyau amenant le gaz au moteur.

Selon la pression, on équilibre la membrane par l'addition de poids placés en quantité convenable sur la tige du cône.

Cet appareil simple fonctionne très bien.

Appareil rhéométrique de la Compagnie parisienne du Gaz.

Après différents essais faits à la Compagnie du Gaz, et qui ont donné des résultats plus ou moins satisfaisants, on est parvenu à produire un appareil basé sur le système rhéométrique qui a fonctionné dans les meilleures conditions.

Des expériences concluantes ont été faites à l'aide d'un appareil enregistreur de pressions spécial, et il a été obtenu des diagrammes donnant des lignes parfaitement droites attestant la régularité de la marche de l'appareil.

En outre, des brûleurs branchés sur la même conduite donnaient une flamme parfaitement fixe.

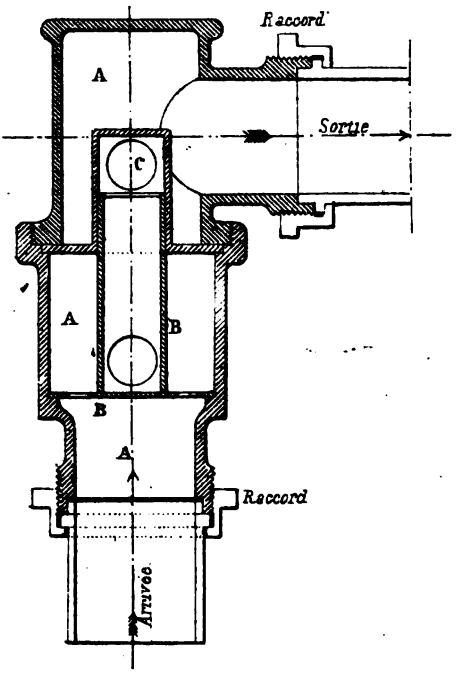
Cet appareil est d'un petit volume ; une fois réglé, il ne peut pas se dérégler et peut être fixé à un endroit quelconque de l'alimentation de la poche.

Il se compose d'une chambre cylindrique en deux parties, renfermant une soupape mobile très légère reposant sur son siège. Elle obéit à toutes les variations de pression qui se produisent dans la conduite d'alimentation de la poche.

Sur cette soupape est fixé un tube qui s'engage dans un guide fixé dans la chambre supérieure et qui est percé de deux orifices permettant au gaz (qui est amené dans le tube de la soupape par deux orifices existant à sa partie inférieure) de pénétrer dans la conduite alimentant la poche. Suivant la course opérée par la soupape, le tube vient découvrir ou fermer plus ou moins les orifices distributeurs, ne distribue que le gaz nécessaire à la marche du moteur et empêche l'aspiration de la machine d'agir directement sur la canalisation.

Des toiles métalliques sont placées à l'assemblage des deux chambres et à la sortie du gaz. Elles ont pour but, en divisant le gaz, de régulariser son admission.

Vu sa grande simplicité, cet appareil est d'un prix peu élevé. Le dessin *(fig. 2)* ci-dessous le fait connaître.



VALEUR COMPARATIVE de divers Gaz (dits pauvres) de Gazogènes pour Moteurs à Gaz, comparés au Gaz d'éclairage dit Gaz de ville ou courant.

DÉSIGNATION	GAZ dit DOWSON		GAZ BUIRE-LENCAUCHEZ DE GAZOGÈNE n° 1		GAZ BUIRE-LENCAUCHEZ DE GAZOGÈNE n° 2		GAZ D'ÉCLAIRAGE DE DISTILLATION dit DE VILLE	
Oxyde de carbone . . . . . CO. .	18,29		17,55		21,22		6,25	
Hydrogène . . . . . H. . .	27,58		24,36		18,79		20,00	
Hydrogène protocarboné . . . C^2H^4..	»	46,22	1,16	43,22	4,61	45,14	58,00	93,75
Hydrogène bicarboné. . . . . C^4H^4..	1,38		0,15		0,52		9,50	
Oxygène . . . . . O. . .	0,23		0,23		0,18		»	
Azote. . . . . Az . .	42,28		50,48		53,03		3,50	
Acide carbonique . . . . . CO^2. .	11,30		6,07		1,65		2,75	
VOLUME.	100,27		100,00		100,00		100,00	
Puissance calorifique du mètre cube à 0° et à 76.°	1 388 calories.		1 345 calories.		1 548 calories.		5 550 calories.	
Quantité de gaz donnée par 1 *kg* de houille à 0° et à 760°.	4 458 *l*, anthracite anglais		4 358 *l*, anthracite Creusot		4 362 *l*, anthracite anglais		0 300 *l*, houille dite à gaz.	

N. B. — Ces analyses sont dues à M. le Dr Aime Witz, et à M. L'Hôte, expert chimiste.

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

SUR LA

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

DE

A. MADAMET

DIRECTEUR DE L'ÉCOLE D'APPLICATION DU GÉNIE MARITIME

PAR

L. DE LONGRAIRE

Parmi les publications reçues par notre Société, le *Traité de Résistance des matériaux*, par M. Madamet, paru au mois d'août dernier, mérite d'être signalé sans retard à toute l'attention de nos collègues.

La première partie, publiée en 1881, avait été déjà très remarquée : cet ouvrage, maintenant complet, a réalisé ce qu'on attendait de lui, et vient se joindre à la *Thermodynamique*, du même auteur, qui a paru en 1889 et qui est fort appréciée.

Ces deux traités se distinguent par une originalité spéciale. Ils donnent l'impression que M. Madamet est familier avec toute la théorie de la physique mathématique, mais encore qu'il a vécu dans de grands chantiers et ateliers de construction, où il s'est trouvé en face des problèmes qu'il étudie : ces traités ne sont donc pas l'œuvre d'un professeur donnant *ex cathedrâ* des solutions puisées aux meilleures sources théoriques ou pratiques, mais bien celle d'un Ingénieur-constructeur s'adressant à ses pairs pour les initier aux méthodes dont son expérience lui a démontré l'utilité.

Dans la préface de la *Thermodynamique*, M. Madamet a rappelé les objections soulevées par M. Le Châtelier contre les théories sur lesquelles cette science est basée et qui s'appliquent le plus souvent à des corps fictifs n'ayant « aucun rapport avec la réalité des

faits ». Il parle aussi des critiques de M. J. Bertrand, qui met en doute bien des affirmations, et enfin il note que, suivant M. Marcel Brillouin, les équations fondamentales traduites en langage ordinaire correspondent généralement à de pures hypothèses.

M. Madamet reconnaît le bien fondé de ces diverses critiques; mais il lui a semblé qu'il était « utile de montrer quel parti l'Ingénieur appelé à s'occuper des machines à vapeur peut et doit tirer de ce qu'on sait actuellement en fait de thermodynamique, quels problèmes il est en mesure d'aborder et quels autres il doit ici, comme dans bien d'autres sciences moins nouvelles, se résigner à laisser pour le moment sans solution précise ».

La résistance des matériaux donne lieu à des observations semblables.

Le problème général de l'élasticité consiste à déterminer la déformation d'un corps solide sous l'action de forces extérieures, si l'on suppose connus ses propriétés élastiques et les coefficients qui les définissent; sa solution se heurte à des difficultés d'intégration jusqu'ici insurmontables, de sorte que le constructeur qui poursuit avant tout un but pratique, se voit contraint, faute de mieux, à recourir à des solutions empiriques. « L'objet qu'il a en vue, ajoute M. Madamet, n'est pas d'ailleurs, il faut bien le remarquer, de reconnaître quelles vérités mathématiques il doit croire au sujet de la façon dont se comporte la matière dans telles ou telles circonstances, mais seulement de savoir ce qu'il doit faire. Ce qu'il lui faut, ce sont des méthodes sûres et rapides pour déterminer les dimensions des ouvrages qu'il projette, et il n'hésitera pas au besoin à sacrifier la rigueur absolue des vérités scientifiques s'il peut, par une voie empirique plus commode, serrer la réalité d'assez près pour que les erreurs commises soient négligeables dans la pratique. Telle est la marche que nous suivrons dans ce traité : nous nous appuierons sur un certain nombre de faits dus à l'expérience, et nous tâcherons, en partant de là, d'arriver à des lois et à des procédés généraux capables de fournir à l'Ingénieur le moyen d'éviter tout mécompte dans la mise en œuvre des matériaux. »

Passons rapidement en revue les principaux sujets traités par M. Madamet.

Les *notions préliminaires* comprennent les faits et principes généraux, — entre autres, la méthode des sections; le principe de superposition des petites déformations avec l'indication des cir-

constances où l'on ne doit pas l'appliquer ; la proportionnalité des forces élastiques aux faibles déformations jusqu'à la limite d'élasticité ; les phénomènes constatés au delà de cette limite ; l'élasticité dite subséquente ; les effets produits par la répétition rapide des efforts, des actions dynamiques ou des chocs ; les charges qu'il convient de faire supporter aux corps, et enfin les limites dans lesquelles les formules de la résistance des matériaux sont applicables.

Nous nous arrêterons un moment sur ce qui concerne la proportionnalité des forces élastiques aux déformations. M. Madamet nous dit que les géomètres, en étudiant au point de vue théorique l'élasticité des corps solides, ont été conduits à penser que les forces élastiques sont proportionnelles, dans certaines limites, à la variation positive ou négative de distance des molécules qui leur donne naissance.

L'expérience confirmerait cette manière de voir : une tige soumise à des efforts d'extension ou de compression s'allonge ou se raccourcit de quantités *très sensiblement* proportionnelles à l'effort qu'on lui applique, tant que celui-ci n'atteint pas une certaine valeur ou limite d'élasticité, qui se trouve être notablement supérieure à celle qu'on admet dans la pratique des constructions ; on n'avait vérifié ce fait que d'une manière approximative ; il a été possible récemment de le constater au moyen de l'élasticimètre enregistreur (1).

Au-dessous de la limite d'élasticité, il existerait des déformations permanentes, mais tellement faibles, qu'il faudrait des instruments de précision, non seulement pour les mesurer, mais même pour les constater : ainsi, pour 12 *kg* de traction par millimètre carré, le fer s'allongerait de la sorte d'un cent millième de sa longueur.

M. Madamet ajoute que si, au lieu d'employer, comme on l'a fait pendant longtemps, des instruments indiquant seulement le quart de millimètre, on dispose d'appareils descendant jusqu'au millième de millimètre, on arrivera forcément à placer la limite d'élasticité en un point variable avec la perfection plus ou moins grande de ces instruments. En parlant des observations faites dans ces derniers temps avec des appareils perfectionnés, M. Madamet s'exprime comme suit : « Elles nous semblent, non pas agrandir le champ

(1) Cet ingénieux appareil a été imaginé par MM. Neel et Clermont, chef et sous-chef de l'atelier des essais de métaux à la Compagnie P.-L.-M. Il figurait à l'Exposition de 1889 et se trouve décrit dans la *Revue générale des Chemins de fer* (avril 1890).

de nos connaissances au sujet des propriétés moléculaires du corps, mais plutôt montrer l'habileté de l'observateur et surtout la haute précision de ses instruments; la complication pratique à laquelle elles donnent lieu ne nous paraît pas, d'ailleurs, suffisamment justifiée jusqu'ici du moins, et nous sommes d'avis qu'il est préférable de s'en tenir pour le moment aux notions précédemment exposées. »

Tout en partageant cette manière de voir d'une manière générale, nous pensons cependant que l'on doit s'efforcer de porter la lumière dans ces phénomènes primordiaux qui recèlent encore bien des problèmes à résoudre : c'est ce que nous tâcherons de faire, pour notre part, dans un travail dont nous espérons présenter bientôt les résultats à la Société.

Il convient de signaler les excellents conseils donnés relativement aux charges à faire supporter aux corps. Le constructeur doit tenir compte de la complexité des phénomènes qui empêche souvent de connaître exactement la nature de toutes les forces appliquées tant aux diverses pièces qu'à l'ensemble d'un système mécanique. M. Madamet montre combien est délicate la détermination de la charge qui commence à altérer l'élasticité des matières mises en œuvre, et il met en garde contre les soi-disant *facteurs de sécurité* qui ne sont guère autre chose que des *coefficients d'ignorance*. Il note que, dans toutes les formules de résistance, les déformations de tout ordre sont toujours supposées rester proportionnelles aux effets qui leur donnent naissance, et qu'il suffit que cette condition ne soit pas rigoureusement remplie en un point quelconque du système, même en l'absence de toute déformation permanente, pour que les formules en question n'aient plus de rapport avec la réalité des choses. Cela conduit à réduire beaucoup la limite qu'on doit admettre pour les déformations des matériaux dans les constructions; une exception existerait pourtant en faveur des lames de ressort, pour lesquelles la proportionnalité ne serait pas altérée par des flèches considérables.

M. Madamet étudie ensuite les cinq efforts statiques fondamentaux, savoir : Traction, Compression, Glissement, Flexion et Torsion.

Ce qu'il dit du glissement et de sa répartition est tout à fait clair et précis. Dans la flexion, le glissement qui lui est spécial et qui constitue l'effort tranchant y est aussi traité avec un soin particulier; on est ainsi mis en mesure de calculer les tôles et rivets

d'une poutre d'assemblage, les poutres non homogènes ainsi que les clefs destinées à rendre solidaires des pièces de bois superposées. Nous avons remarqué l'application aux navires des calculs de flexion et les courbes représentatives des moments et efforts tranchants du cuirassé anglais l'*Audacious*. Ces courbes sont autrement tourmentées que celles des grands ponts métalliques.

On retrouve l'esprit pratique que nous avons déjà signalé dans les problèmes spéciaux, tels que la détermination des forces nécessaires pour faire prendre une forme donnée à une pièce de dimensions connues, et réciproquement, ainsi que le calcul des pièces simplement superposées ou bien placées *en croix*. Douze cas particuliers relatifs à la flexion sont également traités, ainsi que la flexion oblique ou déviée.

Chacun des chapitres concernant ces efforts élémentaires est terminé par un ensemble de renseignements sur les constantes numériques à employer dans l'application des formules de la résistance des matériaux. S'il s'agit de travaux importants, M. Madamet conseille de déterminer ces constantes par l'expérience directe. Il donne une table de celles qui correspondent aux matières usuelles et qui sont des moyennes susceptibles d'éprouver en pratique de notables variations. On regrette pourtant de ne pas trouver à la suite des chiffres consacrés par la pratique actuelle des indications supplémentaires sur les résultats obtenus couramment dans les arsenaux de la marine et de la guerre. Ainsi, par exemple, le général Virgile écrivait en 1874 dans ses *Études sur les Tubes métalliques*, qu'à la fonderie de Ruelle près d'Angoulême, où se fabriquent les canons de la marine, la bonne fonte d'artillerie a une résistance à la rupture comprise entre 16 et 23 *kg* par millimètre carré, une limite d'élasticité de 10 (dix) *kg*, un allongement de 0,5 à 0,6 0/0 et uu module égal à 10 000.

M. Ch. Duguet, étant capitaine d'artillerie attaché à la fonderie de la guerre à Bourges, a publié en 1882 sur la *Limite d'Élasticité* un ouvrage dans lequel il parle du bronze à canon avec 10 0/0 d'étain qu'on obtenait dans cette fonderie, et qui doit être considéré comme étant d'une excellente qualité : ce métal possède une résistance à la rupture atteignant 35 *kg*, et s'allonge de 53 0/0 avant toute déformation locale en fuseau ou striction.

Le général Virgile, dans les études citées plus haut disait déjà que, d'après l'expérience acquise en se servant des canons en bronze, cette matière supporte de plus grands efforts que la fonte

sous les mêmes dimensions, et qu'il n'y a pas d'inconvénient à la soumettre à 10 *kg* de tension (qui représente alors sa limite élastique). D'après les courbes d'essai qu'il reproduit, le module serait d'environ 10 000. Cette qualité de bronze diffère donc notablement de celle qui figure sur la table de M. Madamet où la rupture a lieu pour 12 *kg* avec un module de 3 200, comme l'indiquent d'ailleurs plusieurs aide-mémoire.

Les pièces sollicités simultanément par plusieurs des cinq efforts élémentaires qui viennent d'être considérés, forment le chapitre de la *Résistance composée*, suivant une expression nouvelle qui mérite d'être conservée.

Onze combinaisons sont examinées et plusieurs avec divers cas particuliers; on y trouve notamment tout ce qui concerne les pièces chargées debout.

Chacun sait que les *solides d'égale résistance* sont ceux où, dans toutes les sections transversales, la fatigue des pièces *les plus chargées* doit rester la même. M. Madamet fait observer qu'il y a évidemment mieux à faire, au point de vue de l'économie de la matière, si l'on ajoute à cette condition que nous venons d'indiquer, celle que *tous les points de chaque section transversale* supportent précisément cette même charge maxima. Il propose de donner à ces systèmes le nom de *solides de charge uniforme*, et procède ensuite à leur étude. Il lui appartient en propre d'avoir considéré cette classe de solides et il importe conséquemment de le noter d'une façon spéciale.

Les *systèmes articulés*, tels que grues diverses et poutres armées, sont examinés avec détail suivant la méthode de M. Maurice Lévy. Il ne pouvait en être autrement, car dans les grands chantiers de la marine ces systèmes forment les engins indispensables au maniement des énormes masses de métal qu'on y emploie.

La flexion plane des piéces courbes, la résistance des enveloppes de faible épaisseur ou bien à grosses parois, celle des plaques et enfin celle des corps soumis à des actions dynamiques terminent l'ouvrage de M. Madamet.

On a pu remarquer combien est logique le classement de ces nombreuses questions; malgré l'ordre qu'on y trouve, qu'il nous soit permis d'exprimer le regret de ne pas trouver à la fin du volume un index alphabétique par matière et nom d'auteur, afin d'y rendre les recherches plus faciles.

Nous pensons avoir donné de cet ouvrage une idée suffisante pour montrer combien l'ensemble en est complet et combien d'éléments nouveaux et importants ont été introduits par M. Madamet. Quand nous aurons ajouté que les diverses questions abordées sont étudiées avec les détails qu'elles comportent, mais avec sobriété, — que l'auteur a puisé les renseignements qui lui étaient nécessaires dans tout ce qui a paru récemment en France, comme en Allemagne, en Angleterre et aux États-Unis, — et que les sources sont indiquées de manière à pouvoir y recourir au besoin, — nous comptons que le lecteur de cette notice partagera notre impression que ce traité s'adresse non seulement à ceux qui s'intéressent aux progrès scientifiques de notre temps, mais encore au grand public de constructeurs désireux de se conformer aux solutions conseillées par les méthodes les plus récentes.

Cet ouvrage fait donc honneur à celui qui l'a écrit, au corps dont il fait partie, ainsi qu'à l'importante école qu'il dirige. Nous ne devons pas oublier que cette école forme des Ingénieurs qui ont une responsabilité considérable, puisqu'ils sont chargés de projeter et de construire des bâtiments coûtant des sommes énormes, devant montrer ce que la France sait faire aux nations rivales ou amies même les plus lointaines, et destinés, quand le jour est venu, à défendre l'honneur de notre pays.

CHRONIQUE

N° 142

SOMMAIRE. — Alimentation d'eau d'une chaudière dont les surfaces de chauffe sont découvertes *(suite et fin)*. — Un tunnel sous la Clyde. — Appareils mécaniques pour le chauffage des chaudières.— Chute du pont du Mönchenstein. — Accumulateur pneumatique pour machinerie hydraulique. — Le marteau-pilon de Bethlehem.

Alimentation d'eau d'une chaudière dont les surfaces de chauffe sont découvertes *(suite et fin)*.

Expérience B. — A la suite de l'expérience précédente, les tôles des ciels de foyer qui avaient été déformées furent enlevées, redressées et assemblées par un nouveau rivetage. La chaudière fut essayée à la pressiou hydraulique de 7 *kg* et fut trouvée parfaitement étanche; aucun mouvement ne fut constaté dans les carneaux.

On résolut de répéter les expériences précédentes dans les mêmes conditions, mais sous une pression plus élevée; on disposa l'alimentation de manière à ne se produire qu'au moment où les foyers seraient arrivés au rouge et sur le point de s'écraser; dans ce but, pour indiquer le moment précis, on souda les tiges indicatrices, dont il a été question au début de cet article, au carneau par de la soudure fusible au rouge; un contrepoids soutenu par les tiges tombait dès que celles-ci devenaient libres.

Les soupapes de sûreté furent réglées à 2,8 *kg*; elles étaient sur le point de souffler lorsque l'eau était à 0,15 *m* au-dessus des carneaux, les feux étant très vifs et le registre entièrement ouvert. On ouvrit le robinet de vidange et en huit minutes le niveau descendit à 0,15 *m* en contrebas des ciels de foyer. On ferma alors le robinet de vidange et on observa attentivement les tiges indicatrices du mouvement des carneaux. D'abord, il se produisit, comme dans les expériences précédentes, un soulèvement graduel; puis six minutes après la fermeture de la vidange, il y eut un mouvement en sens inverse du carneau de droite indiquant le commencement de l'écrasement de ce carneau.

A ce moment on ouvrit l'accès de l'eau d'alimentation, mais à peine était-ce fait que le foyer s'écrasa, il se produisait une fissure à travers laquelle l'eau et la vapeur se précipitèrent avec violence, entraînant une partie des briques de l'autel jusqu'à l'extrémité du carneau; néanmoins les portes du foyer ne furent pas enfoncées et la chaudière ne fut pas dérangée de sa place. L'enveloppe resta intacte et le dommage fut absolument limité à un des carneaux; l'autre ne fut pas atteint, sauf que les repères indiquèrent une déformation d'environ 25 *mm* dans le sens vertical. La déchirure du foyer écrasé mesurait environ 0,90 *m* de longueur sur 0,30 *m* de largeur au milieu. Les observateurs furent d'avis que cette déchirure avait commencé à se produire avant l'arrivée de l'eau

d'alimentation et que, par conséquent, celle-ci n'y était pour rien, et les observations subséquentes semblent avoir confirmé cette opinion.

En examinant l'intérieur de la chaudière, on constata que la soudure reliant les tiges aux carneaux avait bien fondu, mais que les tiges trop serrées dans les presse-étoupes n'avaient pas suivi le mouvement des carneaux.

L'expérience n'avait donc pas abouti au point de vue qu'on cherchait et le seul enseignement à en retirer est, d'après le rapport de M. Fletcher, que, dans certains cas, un ciel de foyer chauffé au rouge peut s'écraser brusquement sans prévenir et que, lorsqu'il y a abaissement du niveau de l'eau, il y a danger de se tenir devant la chaudière pour jeter le feu en comptant sur un affaissement lent et progressif du carneau surchauffé.

Expériences C, Ca, D, Da, E, Ea, Eb, Ec, F et G. — Après réparation des dommages produits dans la précédente expérience et application aux ciels des carneaux de tiges indicatrices fusibles de disposition perfectionnée, on entreprit une série d'essais progressifs pour élucider certains points déterminés. On chercha d'abord à découvrir les ciels par vaporisation et non par extraction de l'eau, pour se rapprocher des conditions de la pratique, et à trouver le moment le plus propice pour l'alimentation. A cet effet, on devait laisser baisser le niveau jusqu'à découvrir le carneau, laisser les feux brûler vivement pendant cinq minutes, puis alimenter ; si rien ne se produisait, on recommencerait en laissant un intervalle de dix minutes au lieu de cinq, puis, s'il n'y avait aucun effet, porter l'intervalle à quinze minutes, et ainsi de suite.

Nous n'entrerons pas dans le détail de ces expériences. La dernière et la plus sévère eut lieu de la manière suivante. Les soupapes de sûreté étant chargées à 1,75 *kg*, on laissa monter la pression jusqu'à la levée des soupapes, le niveau étant à 0,23 *m* au-dessus des ciels de foyer. On ouvrit alors le robinet de vidange jusqu'à ce que l'eau fût descendue au niveau des ciels, on ferma la sortie de l'eau. Pour être sûr que le feu durerait tout le temps nécessaire avec activité, on chargea les grilles à ce moment et on quitta les abords de la chaudière, le registre étant entièrement ouvert et le manomètre à eau indiquant un vide de 12 *mm* à la cheminée ; la pression était de 2,1 *kg* et les soupapes soufflaient avec force. Après vingt-trois minutes et demie les indicateurs fusibles du carneau de droite montrèrent que les ciels de foyer étaient rouges ; on ouvrit alors l'alimentation en projetant l'eau à 15 degrés centigrades directement sur les foyers à raison de 125 *l* par minute ; le niveau de l'eau était à ce moment à 8 *cm* au-dessous des ciels de foyers, de sorte qu'une largeur de 0,55 *m* environ des carneaux était découverte. La pression était 2,05 et les soupapes donnaient abondamment.

Dès l'ouverture de l'alimentation, la pression commença à baisser et en deux minutes et demie elle était réduite à 1,85 *kg;* à ce moment les indications fusibles du carneau de gauche signalèrent que le ciel de ce carneau était également arrivé au rouge. En regardant dans les foyers, on voyait des fuites abondantes sur la partie supérieure des joints circulaires.

Les ciels des deux foyers étaient clairs au-dessus du feu sur 0,30 *m* de large et 2,50 *m* environ de longueur ; la ligne de démarcation entre

la partie surchauffée et le reste était parfaitement indiquée, autant par la couleur que par l'absence de suie.

L'examen de la chaudière, le jour suivant, montra que les joints circulaires des carneaux étaient déformés à la partie supérieure et que le carneau de droite avait à trois endroits des poches de 0,25 *m* environ de côté et de 4 *mm* au plus de profondeur au milieu. C'était tout le mal qu'avait la chaudière.

Voici les conclusions du rapport de M. Fletcher :

« La question pratique qui se pose est celle de savoir si les expériences dont il est ici question concluent à permettre l'alimentation en cas d'abaissement excessif du niveau de l'eau dans une chaudière.

» Le fait indiqué par l'expérience G, que, loin d'amener une augmentation de pression, l'alimentation a, au contraire, fait baisser la pression, semble montrer que, la machine fonctionnant de manière à enlever la faible quantité de vapeur qui pourrait être produite par l'injection de l'eau sur les surfaces rouges, il y aurait utilité à alimenter pour abaisser la pression, rétablir le niveau d'eau et refroidir la chaudière. Cela donnerait le temps de jeter les feux et pourrait être, en somme, considéré comme un moyen préservatif pour le personnel.

» D autre part, le fait que, dans l'expérience A, une des soupapes seulement étant ouverte, la pression s'est, dès l'ouverture de l'alimentation, élevée en 1 1/4 minutes, de 0,5 à 1 *kg* et que, dans l'expérience A *bis*, les soupapes étant fermées toutes les deux, la pression a monté, en trois quarts de minute, de 1/2 à 1,9 *kg*, amène à se demander si, la machine étant arrêtée et les surfaces de chauffe en partie rouges, l'alimentation n'aurait pas pour effet de faire monter la pression de 1 ou 2 *kg* et si cette augmentation brusque ne serait pas suffisante pour amener l'écrasement des foyers, même sans avarie à l'ensemble de la chaudière. »

A cela on peut répondre que, dans les expériences, lorsqu'on a observé des accroissements de pression considérables, l'eau d'alimentation n'était pas introduite, comme on le fait dans la pratique, dans la masse d'eau et loin des foyers, qu'au contraire on l'injectait directement sur les surfaces rouges par des tuyaux disposés à cet effet. On ne peut donc pas tirer de ce fait des conclusions absolues ; il est probable qu'avec le mode d'alimentation ordinaire et avec la précaution de soulager un peu les soupapes de sûreté au moment où on va alimenter, les chances de voir la pression monter sont à peu près complètement écartées.

Toutefois, il semble que les expériences faites jusqu'ici ne sont pas suffisantes pour mettre ce point hors de doute, et il serait nécessaire de les continuer.

En tout cas, elles paraissent au moins avoir démontré que l'idée, reçue généralement, que l'alimentation, avec des surfaces de chauffe découvertes et chauffées au rouge, amène le dégagement brusque d'une énorme quantité de vapeur agissant comme un explosif, rendant les soupapes de sûreté sans effet, réduisant en pièces les chaudières et en projetant les débris à des distances considérables, est absolument sans fondement. Cette supposition a cependant été répétée pendant des générations ; elle a presque passé en article de foi, et elle a le grave inconvé-

nient d'avoir accrédité les idées les plus fausses sur la question des explosions de chaudières et, en détournant l'attention des causes véritables, elle tendrait à perpétuer le retour des accidents de ce genre.

Un tunnel sous la Clyde. — On construit en ce moment sous la partie de la Clyde qui forme le port de Glasgow un tunnel destiné au passage des voitures et des piétons. Il était nécessaire d'établir une communication entre les deux rives, à un point éloigné des ponts existants et où les exigences de la navigation rendaient impossible la construction d'un nouveau pont, à moins que celui-ci ne fût établi à une hauteur extraordinaire, condition devant laquelle on a reculé. On a préféré établir une communication souterraine.

La largeur de la rivière à l'endroit où on établit le tunnel est d'environ 125 *m*, c'est à peu près la largeur de la Seine au pont des Invalides.

L'ouvrage se compose de trois galeries séparées, dont deux destinées aux voitures et la troisième aux piétons. Aux deux extrémités sont des puits circulaires contenant des escaliers et des ascenseurs hydrauliques. Ces ascenseurs ont une force maximum de 10 *t* et seront disposés pour que la descente et la montée se fassent sans perte de temps. Les trois tunnels sont desservis par les mêmes puits.

Chacun de ces puits, circulaires, comme on vient de le dire, a 24,4 *m* de diamètre, celui de la rive nord a 22 *m* de profondeur, et celui de la rive sud 23. Le fonçage de ces puits se fait par la construction d'une double paroi métallique circulaire qu'on laisse descendre par son propre poids au fur et à mesure de l'excavation, qui s'opère à la main avec enlèvement des déblais au moyen de grues à vapeur. La paroi double est formée de plaques de fonte de 1,22 $\times$ 0,61 *m* avec des brides intérieures qui servent à les boulonner ensemble, le joint se faisant avec des languettes de bois tendre, procédé qui a donné d'excellents résultats au point de vue de l'étanchéité. Les plaques du bas ont un tranchant pour faciliter la descente. L'intervalle des deux parois métalliques est rempli de béton composé de cinq parties de pierres cassées et sable, et d'une de ciment. Les deux puits sont déjà foncés à la profondeur définitive, le puits nord a dû être fait entièrement dans des sables mouvants ; toutefois, on n'a eu aucune peine à venir à bout de l'eau. Sur le côté sud on a rencontré une couche inclinée de glaise, et il a fallu charger l'anneau sur un de ses côtés pour le faire descendre bien verticalement.

Il y a, comme on l'a vu, trois tunnels séparés à une distance de 0,60 *m* seulement les uns des autres ; la partie superieure est à 4,50 *m* au-dessous du point le plus bas du fond de la rivière, ce qui laisse une marge suffisante pour les dragages qu'on pourrait trouver nécessaire d'opérer ultérieurement dans la Clyde. Les tunnels sont circulaires avec un diamètre de 4,88 à 5,49, suivant le terrain traversé.

Dans la partie qui traverse la glaise, les tunnels sont établis sur un radier en béton et sont formés de cinq anneaux en briques maçonnées avec du ciment. Ce travail est exécuté sur 45 *m* de distance à partir de la rive sud pour le tunnel de l'ouest et sur 30 *m* pour le tunnel de l'est.

L'avancement se fait par 3 *m* à la fois au moyen d'un bouclier et de la manière employée dans les travaux analogues, sans présenter rien de particulier.

Dans les parties moins consistantes, le tunnel est formé d'un tube de fonte composé de plaques assemblées par des brides boulonnées. Ces plaques ont 25 *mm* d'épaisseur ; les joints sont faits, comme pour les puits, avec des languettes de bois tendre. Le tunnel central sera établi dans toute sa longueur dans ce système, et tandis que les deux autres sont horizontaux dans toute leur longueur et aboutissent par conséquent au fond des puits, celui-ci est terminé aux deux extrémités par des plans inclinés amenant à la surface ou à peu près, de manière à dispenser les piétons de l'emploi des ascenseurs.

On a pour ce travail pris des précautions particulières pour la qualité des matériaux employés. Les briques ont 227 × 114 × 88 1/2 ; elles doivent satisfaire aux conditions ordinaires, être bien cuites et être trempées dans l'eau immédiatement avant leur emploi. Le mortier doit être préparé avec le meilleur ciment de Portland et du sable lavé dans la proportion de 1 à 3.

Le ciment doit être très fin et ne pas peser moins de 112 livres par boisseau impérial ; les éprouvettes faites avec ce ciment doivent résister à 24,5 *kg* par centimètre carré après sept jours d'immersion dans l'eau. Le béton doit être composé d'une partie de ciment de Portland, une partie de sable lavé et cinq de pierres dures ou briques cassées à l'anneau de 50 *mm*. Les fontes doivent provenir de fontes grises d'Écosse et avoir une charge de rupture de 10 *kg* par millimètre carré et une limite d'élasticité de 4 *kg* ; de plus, une barre carrée de 0,0253 *m* de côté doit pouvoir supporter un poids de 350 *kg* à son milieu, cette barre reposant sur deux appuis écartés de 0,915 *m*.

Toutes les pièces métalliques doivent être immergées dans un mélange bouillant de goudron et de résine et les pièces en vue doivent recevoir deux couches de peinture blanche anti-corrosive de Carson.

Les travaux entrepris par MM. Hugh Kennedy et fils ont été commencés en mai 1890 et on compte les achever dans le milieu de l'année prochaine.

Appareils mécaniques pour le chauffage des chaudières. — Le chauffage mécanique des chaudières remonte à une époque déjà très ancienne, puisque dès 1785 James Watt fit l'application d'une disposition de ce genre. Cette question qui a fréquemment excité l'imagination des inventeurs est, paraît-il, loin d'être tombée dans l'oubli. Elle a fait le sujet d'une communication récente de M. J. F. Spencer devant l'*Institution of Civil Engineers*.

L'auteur divise les appareils pour chauffage mécanique des chaudières en deux classes : les systèmes à grille mobile et les systèmes à projection. Dans les premiers, le combustible fourni par une trémie arrive sur une partie mobile qui se déplace avec une vitesse qu'on règle suivant l'intensité à donner à la combustion ; dans les seconds, le combustible toujours placé dans une trémie est projeté sur la grille (qui peut d'ailleurs être mobile) par des organes divers, ventilateurs, cuillers, etc.

Les appareils à grille mobile sont peut-être les plus anciens ; Watt en a essayé un; Brunton, en 1822, employa une grille circulaire mobile autour de son centre, et on trouve plus de 200 patentes anglaises pour des modifications à ce genre de grille. La grille sans fin de Juckes (connue en France sous le nom de Taillefer) a eu un certain succès, il y a une quarantaine d'années.

On aurait tort de croire que les chauffages à grille mobile ont disparu. M. Spencer dit qu'à sa connaissance il en existe en Angleterre actuellement 3 600 environ, dont 300 du système Juckes et 2 500 du système Vicars ; celui-ci est caractérisé par l'emploi de poussoirs mus par des excentriques qui prennent le charbon dans la trémie et le poussent sur la grille dont les barreaux sont animés d'un mouvement alternatif longitudinal donné également par des excentriques.

Les systèmes à projection sont, paraît-il, beaucoup plus répandus. M. Spencer en cite 11 500 en service en Angleterre dont 5 000 du système Bennis. Celui-ci comporte, comme tous les appareils de ce genre, une cuiller qui reçoit le charbon de la trémie et le projette sur la grille. Les particularités consistent surtout dans le mode de varier dans un rapport considérable (de 1 à 4) la quantité de combustible fournie dans un temps donné.

Les appareils mécaniques pour le chauffage des chaudières à vapeur revendiquent les avantages suivants : 1° suppression de la fumée ; 2° économie de combustible; 3° économie de main-d'œuvre.

L'importance du premier avantage n'est point contestable, surtout aujourd'hui que la question de la fumée est devenue très importante dans les grandes villes. On a dit avec quelque raison que le meilleur appareil fumivore est un bon chauffeur. Or un bon chauffeur est très difficile à trouver et le chauffeur mécanique remédie à sa rareté.

Au point de vue de l'économie du combustible, on cite l'expérience suivante faite en juin 1890 aux Royal Paper Mills, à Wandsworth, avec deux chaudières Lancashire semblables, chauffées l'une à la main, l'autre avec un appareil Vicars. L'essai a duré 10 heures et a donné les résultats suivants :

	Chauffage à la main.	Chauffage mécanique.
Surface de grille	3,07 m^2	2,05 m^2
Nature du charbon	Galles	Bitumineux
Prix par tonne.	18,75 *f*	16,25 *f*
Charbon par heure	320 *kg*	265 *kg*
Eau vaporisée par heure. . . .	2 240	2 380
— par kilogramme de charbon	7	8,98
Prix des 1 000 *kg* de vapeur. .	2,68 *f*	1,80 *f*

C'est une économie de 33 0/0, due tant à la meilleure utilisation du combustible qu'à l'emploi d'un combustible moins coûteux.

Le fait que trois établissements ont en service ou commandés 340 appareils de ce genre entre eux trois est une forte recommandation en faveur du chauffage mécanique.

Voici encore une expérience faite par M. Lavington E. Fletcher sur

un appareil à projection du système Bennis, chez MM. Armitage et Rigby, à Warrington, en juin et juillet 1888. Il s'agissait d'une chaudière type Lancashire, chauffée d'abord à bras, puis avec un appareil mécanique. Le combustible était le même dans les deux cas:

	Chauffage à la main.	Chauffage mécanique.
Durée de l'essai	56 heures	35 heures
Combustible brûlé par heure .	330 *kg*	415 *kg*
Eau vaporisée.	2 039	3 058
— par kilogramme de charbon.	6,18	7,37

L'économie est dans ce cas de 17 0/0 environ.

A l'hôpital de Middlesex, on employait pour le chauffage une chaudière type de marine à foyer intérieur. On ne pouvait lui faire vaporiser au maximum, avec le meilleur charbon du pays de Galles, que 900 *l* d'eau à l'heure avec 7,62 d'eau par kilogramme de combustible. Après l'installation d'un appareil mécanique à projection, la vaporisation s'éleva à 1 400 *l* avec 8,38 d'eau vaporisée par kilogramme du même combustible. Cette augmentation de puissance s'explique par le meilleur accès de l'air à travers le combustible incessamment remué. Cet effet équivaut à l'augmentation de la surface de grille, modification généralement impossible à réaliser dans les chaudières à foyer intérieur.

L'économie de main-d'œuvre est facile à expliquer sur des installations comportant plusieurs chaudières, surtout si on emploie également un appareil de transport mécanique pour alimenter les trémies.

C'est dans la marine marchande surtout que ce serait un avantage très appréciable. C'est dans ce cas que les appareils mécaniques seraient appelés à rendre le plus de services, par l'augmentation de l'effet utile du combustible, la possibilité d'employer des charbons moins coûteux et la suppression de la fumée qui est une gêne très sérieuse sur les navires transportant des passagers.

Le chiffre total de 15 000 appareils mécaniques de chauffage que M. Spencer a indiqué plus haut représente 8 000 chaudières qui forment seulement 5,7 0/0 par rapport aux 140 000 chaudières que possède le Royaume-Uni. Sur ces 140 000 chaudières, la moitié se trouvent dans les trois comtés de Lancashire, d'Yorkshire et de Cheshire, où plus de la moitié se trouvent sous le contrôle des diverses associations de surveillance de chaudières. Un faible nombre seulement de ces générateurs sont chauffés mécaniquement si on en juge d'après le fait que deux grandes associations ne comptent que 1 010 chaudières munies de cette disposition, soit 8 0/0 du nombre total des chaudières inscrites sur les registres de ces associations.

Ce fait cadre mal avec les avantages économiques constatés. Il s'explique, d'après M. Spencer, par les tendances essentiellement conservatrices des associations de surveillance qui, craignant avant tout de se compromettre, et s'attachant principalement aux questions de sécurité, se bornent à tolérer les chauffages mécaniques sans les recommander, et cela a suffi pour en restreindre considérablement l'usage.

Chute du pont de Mönchenstein. — Il a été beaucoup écrit sur la chute du pont de Monchenstein et, dans un grand nombre d'articles publiés sur cette catastrophe, se trouve émise l'idée que l'accident a pu provenir de la surcharge que le pont a eu à subir depuis que la mesure relative aux passeports en Alsace-Lorraine a fait transiter par la ligne suisse Delle-Delémont les grands trains internationaux qui n'y passaient pas jusque-là.

Il n'est nullement démontré que ces trains fatiguaient plus le pont que les trains de marchandises et ceux du service local, sous l'un desquels, précisément, le pont est tombé ; mais il est absolument inexact que le passage des trains internationaux de Belfort à Bâle, par la Suisse, ne date que de la mesure des passeports.

Cette assertion, si souvent répétée, étant en contradiction avec nos souvenirs personnels, nous avons cherché à élucider la question et nous y avons facilement réussi en consultant les anciens indicateurs de chemins de fer dont la maison Chaix a eu l'obligeance de nous laisser consulter la collection.

Nous avons constaté que, de 1881 à 1885, c'est-à-dire bien antérieurement à la mesure des passeports, le service direct, sans transbordement, entre Paris et Bâle, d'une part, et Calais et Bâle, par Amiens, Laon et Chaumont, d'autre part; en correspondance à Bâle avec le Gothard et l'Arlberg (depuis l'ouverture de ces lignes), s'est effectué, soit par Mulhouse, soit par Delle-Delémont, de la manière suivante :

Années.	Paris-Bâle	Calais-Bâle
1881.	Delle	Mulhouse
1882.	Delle	Delle
1883.	Delle	Delle
1884.	Mulhouse	Delle
1885.	Mulhouse	Delle

Nous n'avons pas jugé utile d'aller plus loin, les indications qui précèdent établissant surabondamment le peu de fondement de la supposition que nous avons signalée.

Nous n'entendons tirer aucune conclusion de ce fait, mais il nous semble que, dans des questions aussi graves et aussi délicates que celle de Monchenstein, il est indispensable de n'admettre que des points de départ rigoureusement exacts, et d'écarter des hypothèses non justifiées qui ne peuvent, en égarant les idées, que rendre plus difficile encore la recherche de la vérité.

Accumulateur pneumatique pour machinerie hydraulique.

Les accumulateurs ordinaires à poids, employés dans les appareils à pression hydraulique, sont lourds, encombrants et dangereux, lorsqu'il y a des variations brusques de mouvement, à cause de la grande masse qu'ils présentent. On a cherché à remplacer le poids par une pression empruntée à l'air comprimé.

Des appareils de ce genre fonctionnent en Westphalie et sont décrits

dans le *Stahl und Eisen*. Ils se composent d'un cylindre à air avec piston plongeur placé au-dessus du piston hydraulique et de son cylindre, et reliés avec lui par des colonnes. Le piston pneumatique a dix fois la section du piston hydraulique, de sorte que, s'il est soumis à une pression de 50 atmosphères, le piston hydraulique est soumis à une pression de 500. Si la capacité réservée à l'air était seulement celle du corps de pompe pneumatique, la pression de l'air et, par suite, celle de l'eau varieraient avec le déplacement du piston. Pour obvier à cet inconvénient, le corps de pompe est en communication avec un ou plusieurs réservoirs contenant de l'air comprimé.

Aux aciéries de Bochum, il y a un de ces accumulateurs muni de six réservoirs verticaux de 0,70 *m* de diamètre et 4 *m* de hauteur. Le piston pneumatique a 0,75 *m* de diamètre.

La variation de pression d'un bout de la course à l'autre est inférieure à 10 0/0.

L'air n'a pas besoin d'être renonvelé, sauf en cas de fuites; pour prévenir celles-ci, les garnitures des pistons sont en contact avec de l'eau recouverte d'une légère couche d'huile. Aux pressions élevées, la fonte laisse passer l'air par ses pores; on doit avoir soin de la recouvrir d'une chemise en tôle, ou mieux en cuivre rouge. Au lieu d'air, on emploie quelquefois l'acide carbonique comprimé, qu'on peut se procurer facilement aujourd'hui sous forme solide ou liquide, et on remplace l'eau par de la glycérine.

Lorsque les pressions ne sont pas trop élevées, comme dans les grues, ascenseurs, etc., le piston à air et le piston hydraulique ont le même diamètre et la construction est plus simple.

Le plus grand accumulateur de ce genre qui existe jusqu'ici a été établi en juillet 1890 aux aciéries de Bochum pour remplacer un accumulateur à poids. La pression est de 500 *atm*. On en a également installé aux établissements de Savone, en Italie, et aux aciéries de Wissem pour actionner des presses à forger et des ascenseurs.

Le marteau-pilon de Bethlehem. — Nous avons, dans la Chronique de mai 1891, page 710, donné quelques renseignements sur le marteau-pilon alors en construction aux forges de Bethlehem (États-Unis), et qu'on présentait comme le plus gros engin de ce genre qui existât.

Voici quelques détails de plus sur cet appareil, donnés par le *Railroad and Engineering Journal*:

« Le marteau-pilon de 125 *t* des forges de Bethlehem est achevé et a commencé à travailler pour la fabrication des canons et des plaques de blindage. On peut se rendre compte des dimensions de cet outil par quelques chiffres.

» Le puits qui a reçu la fondation a 17,50 *m* sur 18,50 *m* de côté et une profondeur de 9 *m*. L'enclume, qui est entièrement séparée du reste de l'appareil pèse quelque chose comme 1 800 *t;* elle repose sur une fondation en maçonnerie et en bois. Le sommet du cylindre est à 27 *m* au-dessus du sol de l'atelier. Le cylindre a 1,93 *m* de diamètre et 5,03 *m* de course. La tige du piston est en acier et a 0,405 *m* de diamètre et

12 *m* de longueur. La tête du marteau est un bloc de fonte de 5,95 *m* × 3.05 × 1,22 *m* ; la partie frappante est en acier. Le poids de la partie mobile est de 125 *t*, de sorte qu'il est facile de s'imaginer l'effet de ce poids combiné avec une chute de 5,03 *m*.

» L'appareil est installé dans un bâtiment construit pour le recevoir et est muni des fours, grues, etc., nécessaires pour manipuler les énormes lingots qu'il est appelé à travailler.

» Toute cette installation, destinée à la fabrication des gros canons et des plaques de blindage est actuellement à peu près complètement terminée. »

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Septembre 1891

Rapport de M. Lecœuvre sur les **poulies en papier**, de M. A.-L. Burot.

Ces poulies ont été décrites dans la Chronique de mars 1890, page 336. Nous croyons donc inutile d'analyser ce rapport qui, daté du 12 juin de cette année, est vraisemblablement un des derniers faits par notre regretté collègue Lecœuvre.

Rapport de M. le colonel Pierre, sur la **courroie de sûreté** de M. Chevillard.

L'inventeur a eu l'idée de doubler de lames d'acier très peu épaisses et très souples les courroies destinées à supporter les sacoches des garçons de recette, voyageurs et autres pour les rendre, sinon impossibles, du moins très difficiles à couper. Cette disposition très simple a parfaitement réussi en pratique et les essais faits par des administrations importantes conduiront très probablement à l'emploi régulier de cette courroie de sûreté.

Rapport de M. le général Sebert sur un **appareil calculateur** de M. Didelin.

Cet appareil a pour objet de parer aux inconvénients des tables numériques ou barèmes, qui sont très volumineuses sous peine d'être incomplètes.

M. Didelin se contente de calculer les produits des multiplicandes constitués par un nombre entier d'unités, de dizaines, de centaines, de mille, etc., par un certain nombre de multiplicateurs choisis convenablement et ne dépassant pas 30.

Il compose avec ces produits des tableaux imprimés formés chacun des neuf lignes horizontales pour chaque série de multiplicandes et de trente colonnes verticales. Ces tableaux sont reportés par impression sur autant de cylindres creux et il reste sur le cylindre une génératrice noire marquée zéro. Il y a cinq cylindres placés parallèlement dans une boite avec des poignées pour les tourner ; de plus, ils sont recouverts d'une feuille de tôle formant couvercle et percée de lucarnes pour laisser voir les produits. L'appareil est complété par des réglettes sur lesquelles sont inscrits les multiplicateurs employés et qui se glissent à la partie inférieure et à la partie supérieure du tableau formé par le dessus de la boite.

En somme, l'appareil donne immédiatement d'une façon très simple et très commode, par une seule lecture, les produits des nombres qui se trouvent directement inscrits sur les cylindres et sur les réglettes. On

peut aller beaucoup plus loin et obtenir des résultats plus compliqués par des opérations dont il nous serait impossible de donner une idée dans un compte rendu aussi sommaire. Nous renverrons donc au rapport de M. Sebert ceux de nos collègues que la question intéresserait.

Rapport de M. Mascart sur un mémoire intitulé : **Méthodes et dispositifs pour le contrôle et l'exécution des surfaces optiques planes ou courbes à l'usage des instruments de précision,** par M. Léon Laurent.

Les méthodes de contrôle et d'exécution des surfaces optiques sont nombreuses ; certaines empruntent leur principe à des observations scientifiques remarquables. Le mérite particulier de M. Laurent est d'avoir coordonné toutes ces méthodes en les réalisant par des appareils d'un emploi facile, de sorte que son travail peut être considéré comme un formulaire général de l'art de l'opticien. C'est ce qui a engagé la Société d'Encouragement à le publier *in extenso*, à la suite du rapport de M. Mascart.

Expériences sur le frai des monnaies, par M. Maurice Peligot.

On appelle *frai* la perte de poids et les altérations que l'usage et les frottements de toutes sortes font subir aux monnaies. Des expériences pour apprécier cette perte ont été faites à plusieurs époques, notamment en 1790, où on se préoccupait, à l'occasion de la réforme monétaire, de savoir s'il y avait avantage à employer des métaux purs et si, dans ce cas, il n'y avait pas à craindre une usure trop rapide des pièces. Une autre série d'essais a été faite en 1846. Enfin, en 1888, on entreprit des expériences ayant pour but de vérifier si l'usure des pièces est proportionnelle à leur poids ou à leur surface. On a trouvé que l'usure des pièces en bronze monétaire de même poids est sensiblement la même, quelle que soit leur surface.

En 1878, les délégués des puissances formant l'Union latine ont recherché l'usure des pièces d'or en vue de la refonte à opérer lorsque le poids serait descendu au-dessous d'une limite fixée. On a essayé, à la Monnaie de Paris, 101 000 pièces de 20 *f*. On a d'abord classé ces pièces au point de vue des pays d'origine, puis on les a rangées par millésime et on les a pesées à la balance automatique. Voici les résultats obtenus :

Périodes.	Nombre.	Pièces trop légères.	Proportion.
De 1802 à 1822 . .	3 393	1 400	31 0/0
De 1823 à 1841 . .	1 588	538	3 0/0
De 1842 à 1861 . .	30 583	5 981	0,9 0/0
De 1862 à 1880 . .	34 067	251	0,02 0/0

On a répété l'expérience sur des pièces de 10 et 5 *f* en or et on a trouvé des pertes égales à celles des pièces de 20 *f*, c'est-à-dire doubles et quadruples à poids égal ; on peut attribuer cette différence à la circulation plus active de ces pièces.

Voici les usures annuelles des diverses sortes de pièces :

	Pour 0/0.
Pièces de 20 *f* en or.	0,29
— 10 —	0,71
— 5 —	1,21
— 5 en argent.	0,63
— 2 —	1,12
— 1 —	1,88
— 0,50 —	3,16

On admet que le dixième des pièces de 0,50 *f* est en dehors des limites de tolérance, mais on hésite à les refondre en présence de la dépense considérable qu'entrainerait cette opération.

Expériences de M. Lavington E. Fletcher sur les **explosions de chaudières par manque d'eau.**

Nous avons résumé les expériences de M. Fletcher dans les Chroniques de septembre et octobre, pages 313 et 452.

L'Électricité en Allemagne (extraits de l'*Iron* et du *Dingler*). Il s'agit notamment du transport de force opéré depuis le Neckar à Lauffen jusqu'à l'Exposition de Francfort.

Le Congrès international des accidents du travail, à Berne (extrait du *Génie civil*).

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Juillet 1891

Note sur **les épreuves d'un pont métallique de 35 m sur la Charente,** par M. Cuenot, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Cet ouvrage a été établi par la Compagnie de Chemins de fer Départementaux pour le passage de la ligne d'intérêt local d'Angoulême à Rouillac à voie de 1 *m;* il a 70 *m* d'ouverture en deux travées de 35 *m* chacune.

Les poutres principales sont à grandes mailles du système Neville ou Warren; elles ont 3,36 *m* de hauteur moyenne, soit $\frac{1}{11}$ environ de la longueur. Les diagonales forment avec les cordes supérieure et inférieure une série de triangles isocèles et sont séparées par des montants verticaux.

La voie est à la partie inférieure. La largeur entre les axes des grandes poutres est de 3,60 *m.*

Le poids de chaque travée est de 55 250 *kg*, soit 1 578 *kg* par mètre courant d'ouverture.

M. Resal, dans son ouvrage sur les ponts métalliques, indique que, si on désigne par p le poids des maitresses poutres, par π le poids du tablier, de ses accessoires et de la surcharge, et par l la portée du pont, le

rapport $\frac{p}{l(p+\pi)} = k$ est un coefficient économique qui varie entre 0,004 et 0,006 et qui dépend essentiellement du type de l'ouvrage. « Quand on examine un pont, dit M. Resal, si on trouve $k = 0{,}004$, on peut affirmer que le travail du fer atteint une valeur élevée ou que l'ouvrage est conçu de manière à réaliser la plus grande économie possible de métal; si $k = 0{,}005$, on se trouve dans les conditions ordinaires; si $k = 0{,}006$, la dépense de métal est exagérée, soit que le type soit mal étudié, soit que le travail du métal tombe au-dessous de la limite généralement admise. A égalité de travail maximum, quelle que soit d'ailleurs l'ouverture, l'ouvrage le mieux conçu est celui pour lequel le coefficient k présente la valeur la plus faible. »

Pour le pont qui fait l'objet de la note, on trouve 0,006 ou 0,005, suivant que l'on prend la moyenne des surcharges uniformément réparties équivalentes aux surcharges roulantes qui donnent le maximum du moment fléchissant dans chaque panneau, ou bien la moyenne des surcharges uniformément réparties équivalentes aux surcharges roulantes qui produisent le maximum de l'effort tranchant dans chaque panneau.

La valeur élevée du coefficient tient au peu de hauteur relative des poutres et à un faible travail du métal dans les diagonales.

La note expose la méthode de calcul qui a été employée et les épreuves qui ont été faites dans les conditions prévues par les prescriptions de la décision ministérielle relative au réseau Corse. Il est intéressant de reproduire ces prescriptions.

Chaque travée métallique du réseau sera soumise à deux natures d'épreuves, l'une par poids mort, l'autre par poids roulant.

Ces épreuves seront faites au moyen de trains d'essai composés de deux machines du type Corse en pleine charge pesant chacune 28 *t*, suivies de wagons de marchandises pesant 14 *t*.

Sur les ponts à travées indépendantes, la longueur des trains d'essai mesurée entre les deux essieux extrêmes devra être au moins égale à celle de la plus grande des travées à éprouver.

Il sera procédé à l'épreuve par poids mort de la manière suivante :

Pour les ponts à travées indépendantes, le train d'essai sera amené successivement sur chaque travée de manière à la couvrir entièrement. Il séjournera dans chacune de ces positions au moins pendant deux heures après que les tassements auront cessé de se manifester dans le tablier.

Pour l'épreuve par poids roulant on fera passer le train d'essai défini ci-dessus avec une vitesse de 40 *km* à l'heure.

Aux épreuves faites dans ces conditions, les flèches observées ont été sensiblement les mêmes que les flèches calculées. Pour mesurer les efforts dans les membrures, les diagonales et les montants verticaux, on a employé des appareils Manet au nombre de 30. L'appareil Manet se compose d'une tige rigide de 1 *m* de longueur, fixée par une de ses extrémités à la pièce dont on veut observer le travail par une mâchoire à vis et agissant par son autre extrémité sur un bras de levier également fixé à la pièce. Il y a une multiplication de mouvement et une aiguille

indique sur un cadran l'allongement amplifié correspondant à une longueur de 1 *m* de la pièce.

Les épreuves opérées indiquent, d'après la note, qu'il est nécessaire de tenir grand compte de la vitesse des trains dans les calculs faits à l'appui des projets de ponts métalliques. Dans l'espèce, l'augmentation du travail du métal due aux effets dynamiques est d'environ 22 0/0 avec une vitesse de 35 *km* à l'heure.

L'auteur ne croit pas que, malgré certains avantages, l'emploi de la poutre Warren soit parfaitement justifié dans le cas actuel.

La hauteur de la poutre aurait pu être augmentée, il aurait fallu lui donner 3,90 *m* de hauteur; l'utilisation du métal serait meilleure et la rigidité du pont plus grande sans augmentation sensible de poids. Il est vrai que les pièces inclinées seraient plus longues, inconvénient assez grave pour les poutres soumises à la compression. Il paraitrait donc préférable à l'auteur, pour des ponts de 35 *m*, de substituer au type Warren le type Pratt (ou en N) qui présente de réels avantages tant au point de vue de l'économie de métal qu'à celui de la résistance et de la déformation.

Le type Warren pourrait être conservé pour des portées comprises entre 25 et 30 *m*, mais seulement dans le cas où la voie serait placée au milieu de la hauteur de la poutre.

L'éclairage électrique de la gare de l'Est à Paris, par M. Siegler, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Ingénieur en chef adjoint de la voie aux chemins de fer de l'Est.

En 1888, la Compagnie de l'Est fut amenée à entreprendre une nouvelle installation d'éclairage électrique plus importante que celle qui existait déjà, à la suite des travaux d'agrandissement de la gare, qui se poursuivent depuis quelques années. Le projet, ayant été approuvé par une décision ministérielle du 11 mars 1889, a été mis de suite à exécution.

L'installation comprend 130 lampes à arc (principalement pour les cours et voies) et 1 500 lampes à incandescence, dont 1 100 environ dans les bâtiments d'administration. La distribution est faite en dérivation, ce qui comporte des tensions peu élevées, ne pouvant causer d'accidents par commotion et assure l'indépendance des foyers, mais exige des conducteurs de grande section. On a adopté le système dit à trois fils, qui permet de donner aux conducteurs une moins grande section.

On a installé trois dynamos dont une en réserve. Chacune est actionnée par une machine à vapeur. Ces machines doivent développer une force de 136 chevaux chacune.

On a dû installer l'usine électrique dans un emplacement en façade sur le faubourg Saint-Martin. Le peu d'emplacement dont on disposait a obligé à superposer les appareils; ainsi les machines à vapeur et les dynamos sont au rez-de-chaussée et les générateurs au premier étage sur un solide plancher en poutrelles d'acier et voûtes en briques.

A cet étage se trouve une grande porte avec balcon pour l'introduction du charbon. Les wagons arrivant contre l'usine, on élève le charbon au moyen d'un petit monte-charge à vapeur.

Il y a quatre générateurs Belleville dont chacun peut produire 1 450 *kg* de vapeur à l'heure ; ils sont timbrés à 15 *kg*, la pression ordinaire de marche de 12 *kg* est ramenée à 8 par un détendeur. Ces générateurs sont desservis par une cheminée en briques de 35 *m* de hauteur au-dessus du niveau de la rue ; le diamètre en gueule est de 1,840.

Les machines forment trois groupes comprenant chacun un moteur à vapeur et une dynamo actionnée par courroie. Les moteurs sont du type compound à pilon de la Société de construction de Pantin ; ils fonctionnent à 160 tours par minute et consomment moins de 10 *kg* de vapeur par cheval et par heure. Le régulateur est dans le volant et agit sur le calage de l'excentrique. La condensation se fait par un appareil automateur.

Les dynamos tournent à 300 tours par minute, soit environ le double de la vitesse des machines ; elles sont bi-polaires et leur champ magnétique est produit par deux électro-aimants verticaux, excités par un courant dérivé du courant principal dont on règle l'intensité au moyen de rhéostats.

La longueur totale des conducteurs est de plus de 71 *km*. Les lampes à arc sont de divers systèmes, les lampes à incandescence sont du type Édison-Swan.

Pour le trimestre d'hiver 1889-90, le prix de revient des lampes à arc s'est élevé à 0,155 *f* par lampe-heure pour 7 ampères et à 0,117 *f* pour 5 ampères, et celui des lampes à incandescence à 0,020 pour 16 bougies et 0,016 *f* pour 10 bougies. Ces prix comprennent le combustible, le graissage et les matières diverses pour l'entretien et le personnel, mais non pas la surveillance, les frais généraux ni la charge provenant du capital de premier établissement.

D'après les études faites lors de la rédaction du projet d'éclairage électrique, on avait admis que l'électricité ne coûterait par an que 8 000 *f* de plus que l'éclairage au gaz amélioré. Ces prévisions ont été sensiblement confirmées par les faits. La conclusion de la note nous paraît utile à reproduire. Ce qu'il importe de ne pas perdre de vue, c'est que la lumière électrique doit être abondante et ne souffre pas la médiocrité. Le public est plus exigeant pour elle que pour le gaz, et le devient chaque jour davantage. Un éclairage réduit au strict nécessaire paraît triste et pauvre ; les projets d'installations électriques doivent donc toujours être conçus très largement.

Note sur les **dangers de l'emploi des boulons à charnière** pour maintenir les obturateurs amovibles de certains récipients de vapeur, par MM. Polonceau et Olry, membres de la Commission centrale des machines à vapeur.

Cette note a déjà paru dans les *Annales des Mines*, et nous en avons rendu compte dans le Bulletin de juillet 1891, page 117.

ANNALES DES MINES

3e livraison de 1891.

Les salines et les puits de feu de la province du Se-Tchoan, par M. Louis Colbre, missionnaire apostolique.

Le Se-Tchoan est une vaste province de la Chine confinant au Thibet; la première mention des puits salins et des puits de feu de cette région est due à M. Imbert, missionnaire du Se-Tchoan, et c'est lors de ses visites à son confrère que l'auteur de cette note a pu recueillir les intéressants renseignements qui en font l'objet.

La plupart des puits salés sont des puits forés, mais très peu sont jaillissants. Le nombre en est extraordinaire, 10 000 environ; leur rendement est très inégal. On peut évaluer la production totale de sel à 800 000 *t* dont la valeur, aux pays de consommation, dépasse 100 millions de francs.

Le forage de ces puits se fait à la corde; la profondeur est très variable, la plupart ont en moyenne de 300 à 600 *m*; mais on en rencontre de plus de 1 000 *m*. On conçoit que l'opération du forage présente des irrégularités nombreuses, ce que les Chinois appellent maladies des puits. La note s'étend longuement sur le chapitre de ces accidents et sur les moyens à la fois ingénieux et primitifs employés par les Chinois pour y remédier. Les puits étant rarement jaillissants, comme on l'a déjà indiqué, le puisage s'effectue artificiellement; on emploie des puiseurs à soupapes formés de bambous et manœuvrés par des cabestans pour les grandes profondeurs; ces cabestans sont actionnés par des hommes et par des buffles.

Le transport de l'eau salée se fait par seaux pour de petites distances et par tuyaux pour les grandes. Les conduites sont en bambous assemblés avec un mastic. L'évaporation se fait dans de grandes marmites en fonte; on obtient, suivant la manière de procéder, du sel en grains ou du sel en pierre. Le chauffage se fait, suivant les localités, avec de la paille (herbes diverses), du bois ou du charbon de terre. On emploie également le gaz naturel, qui se trouve en abondance dans le voisinage des puits salés; des puits de feu, comme on les appelle, d'où sort le gaz, celui-ci est conduit par des tuyaux en bambou aux endroits où il doit être employé soit au chauffage, soit à l'éclairage des sauneries. Certains puits ont un débit assez fort pour chauffer de 500 à 700 marmites; on en cite même un qui chauffait à lui seul de 1 500 à 2 000 marmites. La note se termine par quelques considérations sur le commerce du sel et les impôts de diverse nature qui pèsent sur cette industrie.

Nouveaux ordres généraux de la Compagnie de l'Ouest concernant : 1° la limitation de la vitesse des trains; 2° la distance à réserver entre les signaux avancés et leurs poteaux de limite de protection; 3° le nombre de freins à placer dans les trains. Note de M. Massieu, Inspecteur général des Mines.

Influence de la distance et du champ de visibilité sur la **probabilité d'être atteint par un projectile** dans le tir des armes à feu, les explosions de coups de mines, les projections quelconques, par M. O. KELLER, Ingénieur en chef des Mines.

Cette note contient des aperçus très originaux sur une question qui paraît n'avoir jamais été traitée, au moins scientifiquement, savoir : la probabilité qu'il y a d'être atteint par un projectile quelconque lorsqu'on n'est pas à l'abri. Les conclusions ont une application pratique non seulement pour la guerre, mais encore pour l'exploitation des mines et carrières.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

RÉUNION DE SAINT-ÉTIENNE

Séance du 5 septembre 1891.

Communication de M. FAINELEY sur la **production de l'électricité au moyen des courants alternatifs.**

Il devient nécessaire aujourd'hui d'employer des potentiels de distribution très élevés, et ce sont les courants alternatifs qui permettent de les réaliser le plus simplement et le plus économiquement.

L'auteur réfute les objections qui étaient faites à l'emploi de ces courants et décrit quelques applications de transport à distance, entre autres les ponts roulants électriques de 30 *t*, 60 *t* et 150 *t* en fonctionnement au Creusot.

Note de M. JOHN HEAD sur les **fours Siemens, nouvelle disposition.**

La différence entre cette nouvelle disposition et l'ancienne réside essentiellement dans la suppression des régénérateurs. Dans les anciens fours, une partie de la chaleur des gaz brûlés était emmagasinée dans les chambres à air, l'autre dans les chambres à gaz. Dans les nouveaux fours, une partie de la chaleur perdue est encore emmagasinée dans les chambres à air ; l'autre partie des gaz brûlés passe sous les grilles des gazogènes et se transforme en gaz combustible. Les résultats obtenus dans la pratique démontrent que l'économie de combustible réalisée par cette modification est de 30 0/0. En outre, les nouveaux fours ne coûtent, comme construction, que la moitié du prix des anciens. Ces fours sont déjà employés dans un grand nombre d'usines en Angleterre, en France, en Belgique, en Italie, en Espagne, etc.

Communication de M. HANARTE sur les **compresseurs à piston hydraulique, système Hanarte.**

La propriété spéciale du piston liquide est, d'après l'auteur, de pouvoir capter la chaleur à mesure qu'elle se produit, parce que le calo-

rique, dans la compression des gaz, se produit à la surface de la nappe d'eau elle-même, c'est-à-dire au contact du piston, et non dans la masse de l'air, comme on le croit généralement. Comme dans la compression, la chaleur se dégage en quantités croissantes, au fur et à mesure que le piston avance vers le milieu de sa course, il fallait que la nappe d'eau augmentât en surface pour que le refroidissement fût méthodique. C'est ce qu'on réalise en donnant aux colonnes un évasement parabolique. Cet évasement permet encore à l'eau de diminuer uniformément de vitesse et d'augmenter ainsi proportionnellement le temps nécessaire à la captation du calorique.

La pulvérisation peut, d'ailleurs, être utilement ajoutée pour recueillir la chaleur qui a échappé à la nappe d'eau.

L'auteur a pensé également à employer les surfaces métalliques divisées pour capter le calorique, et il a réalisé cette idée par l'installation dans les colonnes de compression de barres ou tubes servant à fixer des chaînes, tubes métalliques, lames, etc. On peut encore dériver le calorique par refroidissement extérieur en plaçant dans les colonnes un faisceau tubulaire refroidi extérieurement par un courant d'eau. D'après l'auteur, cette disposition conduit à la plus grande perfection qu'il soit possible d'atteindre dans la compression des gaz. Avec l'évasement parabolique, on peut réaliser ainsi un refroidissement soixante fois plus grand qu'avec un compresseur ordinaire muni d'une enveloppe d'eau.

Visite à l'Exposition. — Dans cette visite, M. Faineley donne des explications sur les appareils électriques exposés par le Creusot, notamment sur une dynamo à courants alternatifs de 2 000 volts et un moteur électrique domestique de 1/2 cheval. Il donne également des renseignements sur divers appareils construits par le Creusot et dont les dessins ou photographies sont exposés, tels que la machine d'extraction des mines de Beaubrun, établie pour extraire 1 000 *t* de charbon par jour à une profondeur de 500 *m*, les machines Corliss et leur application à la compression de l'air avec emploi sur les compresseurs du clapet Corliss. Il est également donné quelques détails sur les phosphates métallurgiques du Creusot provenant des usines de fabrication d'acier Bessemer. Quelques échantillons de céréales montrent l'influence de ces phosphates, employés seuls ou mélangés avec des engrais.

Séance du 3 octobre 1891.

Communication de M. Monet sur les **sondages dans les terrains renfermant des nappes jaillissantes.**

Dans un sondage fait pour rechercher la houille près de Lallaing (Nord) on savait, par des sondages voisins, devoir rencontrer une nappe d'eau jaillissante ; on dut donc prendre des mesures préventives. La couche imperméable se rencontrait vers 15 à 16 *m* de profondeur et son épaisseur variait de 5 à 10 *m*.

On descendit d'abord dans le forage une colonne métallique en tubes de 3 *mm* d'épaisseur et 0,66 *m* de diamètre jusqu'à 15,45 *m* de profondeur où elle pénétrait de 0,35 *m* dans la couche argileuse. Un second tube de 0,33 *m* de diamètre fut descendu apres qu'on eut foré de 2,35 *m* dans la

couche imperméable. On coula ensuite du béton dans l'espace annulaire de 0,055 *m* entre les deux tubes, ce béton étant composé de ciment et de sable. Une fois le béton pris, on reprit le forage et dès qu'on fut sorti de l'argile, l'eau jaillit en abondance à 3 *m* au-dessus du sol. On posa un tube de cette longueur et on continua le sondage jusqu'à 47,85 *m;* un tube en tôle de 0,40 *m* de diamètre fut descendu dans le trou et on bétonna derrière celui-ci comme précédemment, ce qui arrêta presque complètement la venue d'eau et permit de continuer le forage comme d'habitude. Ce procédé est simple et très efficace.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 40. — 3 *Octobre* 1891.

Développement technique des Compagnies de navigation « Lloyd de l'Allemagne du Nord » et « Hambourgeoise-Américaine », par R. Haack et C. Busley *(suite)*.

Les chaudières à vapeur à l'Exposition internationale d'électricité de Francfort, par R. Stribeck *(suite)*.

Compensateur de travail pour machine élevatoire à détente variable, par F.-J. Weiss *(suite)*.

Bibliographie. — Législation des patentes d'invention, par A. Seligsohn.

N° 41. — 10 *Octobre* 1891.

Machine Corliss à triple expansion de 500 chevaux indiqués.

Développement technique des Compagnies de navigation « Lloyd de l'Allemagne du Nord » et « Hambourgeoise-Américaine », par R. Haack et C. Busley *(suite)*.

Les chaudières à vapeur à l'Exposition internationale d'électricité de Francfort, par R. Stribeck *(suite)*.

Machine à mortaiser à commande à vis.

N° 42. — 17 *Octobre* 1891.

Les navires rapides de la marine allemande, par C. Busley.

Compensateur de travail pour machine élevatoire à détente variable, par F.-J. Weiss *(fin)*.

Variation de la vitesse de fonctionnement suivant l'importance de la masse des pièces à mouvement alternatif dans les machinés où la transmission se fait par une manivelle ou par les engrenages de Lahire, par J. Missong.

Nouveautés dans les machines-outils pour le travail des métaux, par H. Fischer.

Aperçu sur la loi allemande des patentes d'invention.

N° 43. — 24 *Octobre* 1891.

Développement technique des Compagnies de navigation « Lloyd de l'Allemagne du Nord » et « Hambourgeoise-Américaine », par R. Haack et C. Busley.

Les chaudières à vapeur à l'Exposition internationale d'électricité de Francfort, par R. Stribeck *(fin)*.

Variation de la vitesse de fonctionnement suivant l'importance de la masse des pièces à mouvement alternatif dans les machines où la transmission se fait par une manivelle ou par les engrenages de Lahire, par J. Missong *(fin)*.

Groupe de Hesse. — Eau potable à Cassel. — Appareils de sûreté pour l'exploitation des chemins de fer.

Association des chemins de fer. — Notes de voyage sur les chemins de fer des États-Unis.

Bibliographie. — Législation sur la propriété industrielle, par C. Davidsohn.

Correspondance. — Résistance à la flexion des fers en Z.

N° 44. — 31 *Octobre* 1891.

Installation des chaudières de la filature de coton de Leipzig à Lindenau, par C. Lüders.

L'industrie dans le cercle du Rhin inférieur et dans celui de la Basse-Ruhr, par E. Schrodter.

Calcul de l'épaisseur des tubes ou foyers intérieurs de chaudières par les formules de C. Bach, par R. Stribeck.

Nouveautés dans les machines-outils à travailler les métaux, par H. Fischer *(suite)*.

Clapet élastique, par F. Koester.

Groupe de Hanovre. — Le vent comme moteur et les moulins à vent anciens et modernes. — Règlements sur les installations électriques,

Variétés. — Développement de l'emploi de l'électricité à Berlin. — Transport d'un torpilleur par chemin de fer en France.

Correspondance. — Usines métallurgiques. — Circulation de l'eau dans les chaudières à vapeur.

BIBLIOGRAPHIE

Le Nil, le Soudan, l'Égypte, par A. Chelu, ancien Ingénieur en chef du Soudan. — Paris 1891. Librairie Chaix.

MM. Chelu et Chaix ont bien voulu offrir à la Société ce magnifique ouvrage sur lequel nous demandons la permission d'appeler l'attention de nos collègues en leur en indiquant rapidement le but et la division.

L'auteur, comme il le dit lui-même dans l'introduction, s'est proposé de présenter des détails inédits ou peu connus sur le cours supérieur du Nil et le Soudan à l'aide de données recueillies sur place au cours de ses explorations et de renseignements puisés aux meilleures sources; exposer la véritable situation économique de l'Égypte; vulgariser toutes les questions relatives aux irrigations égyptiennes, telles que : législation, droits collectifs et individuels sur les eaux, leur distribution dans la Haute et la Moyenne-Égypte et le Delta.

L'ouvrage est divisé en deux parties : la première comprenant le Nil et le Soudan ; la seconde, l'Égypte proprement dite et son agriculture. Les irrigations ont, vu l'importance du sujet, fait l'objet d'une partie spéciale qui se termine par un aperçu sur la navigation fluviale du Nil.

Le Nil, qui est l'instrument de la fertilité et, pour ainsi dire de la vie de l'Égypte, coule sur une longueur de 6 500 *km* entre le centre de l'Afrique et la Méditerranée. Sa source, question restée si mystérieuse jusqu'à ces derniers temps, paraît devoir être définitivement fixée dans le Nyanza méridional alimenté par les neiges et les eaux des monts Rouwenzoré. La première partie s'appelle le Nil-Sommerset et se jette dans le lac Albert-Nyanza, d'où il sort sous le nom de Bahr-el-Gebel ; il reçoit dans sa route deux grands affluents, le Bahr-el-Ziraf et le Bahr-el-Ghazal, sans compter une quantité d'autres moins importants, et prend le nom de Bahr-el-Abiad ou Nil Blanc, nom sous lequel il arrive à Khartoum; au-dessus de cette ville il reçoit le Bahr-el-Asrak ou Nil Bleu qui vient d'Abyssinie et garde désormais le nom simple de Nil. De Khartoum à Assouan, frontière de l'Égypte, il n'y a pas moins de six cataractes. D'Assouan, le Nil traverse tranquillement une vallée assez étroite relativement jusqu'au Caire, un peu au-dessous duquel commence le Delta qui se termine à la Méditerranée.

La première partie de l'ouvrage de M. Chelu donne la description détaillée du cours du Nil dans ses diverses parties, les faits qui s'y rattachent : régime, obstacles, travaux, crues, etc., puis celle du Soudan et du Soudan oriental, avec des considérations historiques et statistiques. On y trouvera des renseignements pleins d'intérêt sur l'industrie, très primitive d'ailleurs, de ces régions, la culture, la faune et la

flore, les mines, les routes et chemins de fer, les voyages, les événements politiques récents, etc.

La deuxième partie traite de l'Égypte et de l'agriculture égyptienne et donne des détails analogues; on conçoit facilement que cette dernière question soit traitée avec plus de développement, vu son importance considérable. Au point de vue agricole l'Égypte peut être idéalement divisée en trois zones : la première, formée de la Haute et de la Moyenne-Égypte, produit les céréales et le sucre; la seconde, comprenant la presque totalité du Delta, produit les céréales et le coton, et enfin, la troisième, qui avoisine la Méditerranée, ne produit presque exclusivement que du riz. Comment se fait-il que l'Égypte, jouissant d'un ciel admirable, d'une température privilégiée, pouvant remplacer les pluies trop rares par l'eau que lui apporte le Nil, ne peut lutter contre la concurrence que font à ses produits des contrées plus froides, dont le ciel est plus inclément? L'auteur examine les causes multiples de cette infériorité et en voit le remède dans certaines mesures urgentes qui s'imposent à bref délai, savoir : nouvelle peréquation de l'impôt, suppression de la corvée (chose faite actuellement), la diffusion des connaissances agricoles et l'amélioration du régime des eaux.

Cette dernière question a une importance capitale et l'auteur consacre la troisième partie de son ouvrage aux irrgations égyptiennes. En passant d'abord en revue les études faites sur la question, il ne manque pas de citer la conférence faite par notre collègue, M. Cotard, à la Société des Ingénieurs civils, le 15 février 1884, et le remarquable ouvrage de M. Barrois : « Les Irrigations en Egypte », dont nous avons donné un compte rendu sommaire dans le *Bulletin* d'octobre 1887, page 338.

M. Chelu rappelle la théorie de l'irrigation basée sur la double action physique et chimique de l'eau et l'élimination du chlorure de sodium qu'on rencontre sur tous les points de l'Égypte entre les couches d'alluvion déposées par le Nil et les sables primitifs. Il passe ensuite en revue les moyens employés pour l'irrigation, les canaux, l'élévation artificielle des eaux avec les divers moyens employés pour la réaliser, depuis les appareils grossiers restés sans modification depuis les anciens Égyptiens, jusqu'à la machine à vapeur moderne sur toutes ses formes, de la machine de Cornouailles à cataracte à la machine compound à rotation actionnant des pompes centrifuges. On compte environ 3 000 machines à vapeur d'arrosage, dont 420 fixes et 2 580 locomobiles, représentant une force nominale collective d'au moins 30 000 chevaux. Ces machines, en dehors du charbon, brûlent le bois de cotonnier, la paille, les tiges de maïs, etc.

L'emploi des eaux dans la Haute et la Moyenne-Égypte est traité en détail, ainsi que l'irrigation dans la Basse-Égypte, où le grand barrage du Nil, ouvrage colossal commencé par Mougel-Bey dès 1843, est appelé à jouer un rôle capital lorsqu'il sera entièrement terminé et réparé. Il pourra alors opérer une retenue de 4 *m* et la moyenne des fournitures d'eau aux provinces du Delta atteindra pendant l'étiage l'énorme chiffre de 23 à 36 millions de mètres cubes par vingt-quatre heures.

Cette dernière partie se termine par l'examen des divers projets d'aménagement du Nil, projets de La Motte, Cope Whitehouse, Prompt, etc.

Ce dernier parait celui qui a le plus de chances d'être adopté. Quoi qu'il en soit, l'aménagement du Nil constitue une mesure qui s'impose et qui devra être mise à exécution à bref délai. C'est, en effet, le seul moyen de rendre à l'agriculture et par suite à l'Égypte qui fut autrefois le grenier du monde civilisé, la prospérité qu'elle a eue jadis et à laquelle lui permettent d'aspirer de nouveau les conditions exceptionnelles dont la nature l'a favorisée.

Un appendice contient diverses notes, dont une très intéressante sur la navigation fluviale qui est loin d'avoir l'importance qu'on pourrait croire, entravée comme elle l'est, moins peut-être par les obstacles naturels que par les droits énormes imposés à la navigation sous forme de taxe annuelle, droits d'écluse ou de passage de ponts, laissez-passer de navigation, etc., charges accumulées par l'État pour favoriser les chemins de fer qui lui appartiennent ; aussi la batellerie n'a-t-elle cessé de péricliter.

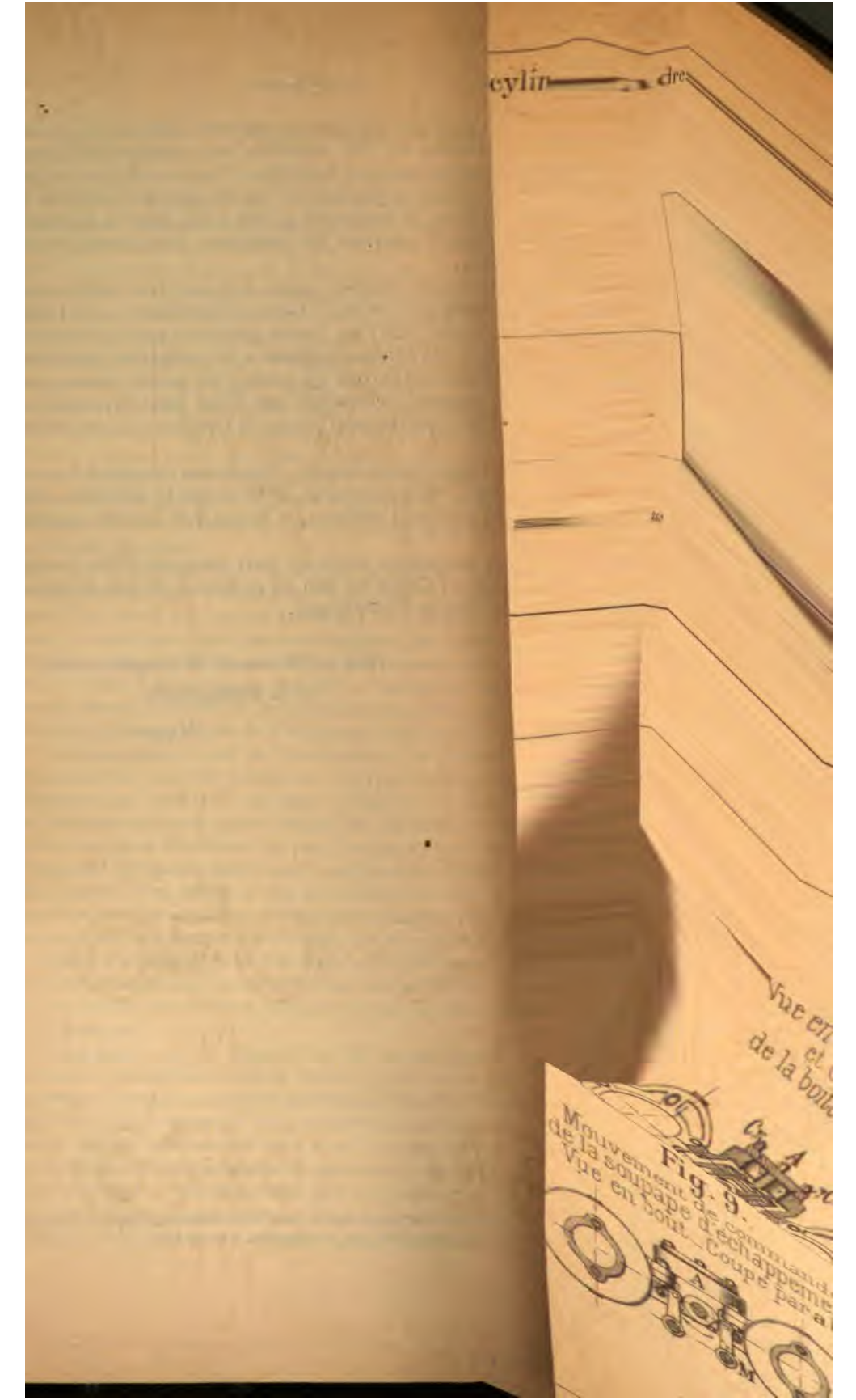
L'ouvrage, de l'importance duquel nous avons cherché à donner une idée à nos collègues, est accompagné de 68 cartes et gravures, dont un grand nombre en plusieurs couleurs, et d'une très grande quantité de tableaux.

La Société des Ingénieurs civils ne peut manquer d'être reconnaissante à MM. Chelu et Chaix du don de ce beau livre qui occupera une place distinguée dans sa bibliothèque.

Pour la Chronique, les Comptes rendus
et la Bibliographie :

A. Mallet.

IMPRIMERIE CHAIX, 20, RUE BERGÈRE. — 24492-11-91.



cylindres

Fig. 6. — Vue par bout.

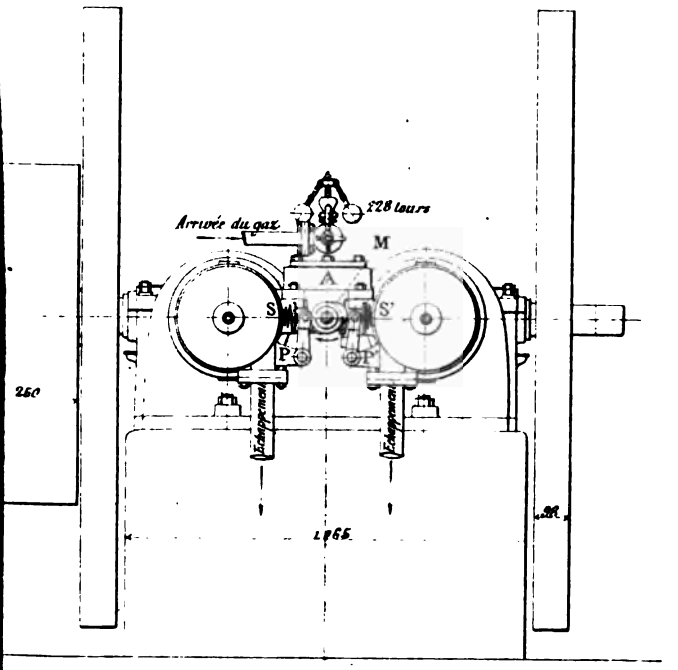


Fig. 7.
Vue en bout des cylindres et Coupe **ef** de la boite d'aspiration.

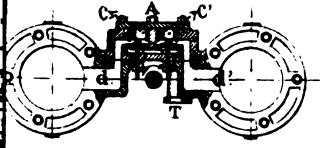


Fig. 10.
Mouvement de commande du robinet d'admission de gaz. Vue en bout. Coupe par **cd**

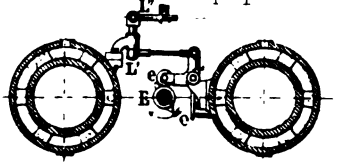


Fig. 9.
Mouvement de commande de la soupape d'échappement. Vue en bout. Coupe par **ab**

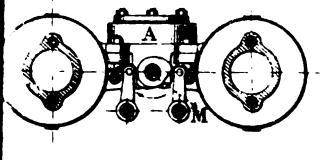
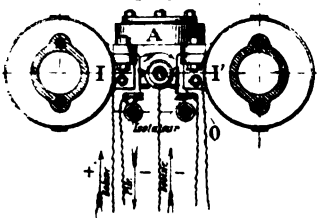


Fig. 8.
Vue en bout des distributeurs pour l'allumage électrique. Coupe par **ab**.



Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

Résumé paraissant les premier et troisième vendredis de chaque mois.

SÉANCE DU 16 OCTOBRE 1891

PRÉSIDENCE DE M. E. POLONCEAU.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de MM. E. Salleron, A. Bernard et P. Moncharmont.

Il annonce que M. G. Canet a été nommé chevalier du Danebrog (Danemark) et que MM. F. Reymond, A. Gottschalk et E. Pontzen ont été nommés membres du Comité technique d'exploitation des chemins de fer.

M. LE PRÉSIDENT signale un ouvrage de notre collègue M. A. Chélu sur *le Nil, le Soudan et l'Égypte;* cet ouvrage fort intéressant et qui renferme des documents inédits et très importants, nous a été remis par la maison Chaix. Il en sera rendu compte dans la chronique d'octobre.

Il est donné lecture d'une lettre de M. Ch. Lucas, indiquant les vœux émis par le Congrès international de la Propriété littéraire et artistique, tenu à Neuchâtel (Suisse) du 26 septembre dernier au 3 octobre, vœux qui intéressent les Ingénieurs comme écrivains et aussi comme architectes.

M. LE PRÉSIDENT annonce que M. Aug. Normand, auquel devait être remise la médaille d'or du Prix Annuel, pour son mémoire sur les machines à vapeur, n'a pu assister à la séance; puis il remet à MM. L. Durant et A. Lencauchez la médaille d'or du Prix Nozo qui leur a été décernée; c'est la récompense, dit M. le Président, de leur mérite et de leurs travaux sur *la production et l'emploi de la vapeur comme force motrice dans les locomotives.*

M. EDMOND COIGNET dit qu'il a déjà eu l'honneur, à propos d'un projet de pont en béton aggloméré, d'entretenir la Société d'une *nouvelle méthode de calcul des arches surbaissées en maçonnerie* imaginée par M. Tourtay, Ingénieur des Ponts et Chaussées. Aujourd'hui, il veut

NOTA. — La Société n'est pas responsable des opinions de chacun de ses Membres, même dans la publication de ses Bulletins (Art. 35 des Statuts).
Nul n'a le droit de reproduire les discussions de la Société sans une autorisation du Bureau. (Art. 78 du règlement.)

présenter les tables et les graphiques dressés par notre collègue M. N. de Tedesco (1), qui ont pour objet de faciliter considérablement l'application de cette méthode.

Il rappelle en peu de mots que cette méthode permet de tracer l'intrados et l'extrados d'une arche surbaissée de manière à ce que la voûte présente les caractères d'un solide d'égale résistance. On réalise ainsi de grandes économies non seulement sur la matière de la voûte elle-même, mais aussi. par suite de la légèreté de cette dernière, sur celle des piles, culées et fondations.

Les équations nécessaires pour calculer tous les éléments du projet et notamment pour tracer par points les formes rationnelles de l'intrados et de l'extrados sont fonctions de données numériques telles que, d'une part :

La surcharge au mètre superficiel, le poids spécifique du remplissage existant entre l'extrados de la voûte et le dessous de la chaussée, et celui de la matière employée pour la voûte ;

D'autre part, la portée et la flèche que l'on se donne habituellement.

Ces équations contiennent deux inconnues principales : l'épaisseur à la clef et la pression moyenne à peu près constante dans toute l'étendue de la voûte.

Il suffit de se donner une de ces deux inconnues pour que l'autre ainsi que tous les éléments du problème soient déterminés.

Si donc pour une portée, une flèche et une surcharge données, on calcule, d'après ces équations, les pressions moyennes relatives à diverses épaisseurs à la clef, on peut tracer la courbe de ces pressions moyennes en fonction des épaisseurs à la clef.

M. Coignet trace au tableau une de ces courbes et fait remarquer qu'elle a sensiblement la forme d'une hyperbole, que dans la branche verticale les pressions croissent démesurément pour de faibles augmentations d'épaisseur, non loin du sommet de la courbe, tandis que l'on voit par l'allure de la branche horizontale que de l'autre côté la pression devient rapidement presque stationnaire, quelle que soit l'augmentation de l'épaisseur à la clef.

Parmi les diverses solutions, on a donc intérêt à choisir celles qui correspondent aux points avoisinant le sommet de la courbe.

C'est à la construction de toutes ces courbes que M. de Tedesco s'est consacré.

A cet effet, il a adopté une valeur moyenne pour le poids spécifique des remplissages comme pour celui de la maçonnerie de la voûte.

Il considère successivement trois surcharges (comprenant le poids de la chaussée), 1 200 *kg*, 2 400 *kg*, 10 000 *kg*.

Dans chacun de ces cas, il a adopté huit flèches différentes de 1 *m* à 10 *m*, et, pour chacune de ces flèches, il a construit les courbes de pressions moyennes en fonction des épaisseurs à la clef, pour toutes les portées compatibles avec ces flèches.

Mais les tables et graphiques ne se bornent pas à indiquer à l'aide de ces courbes l'épaisseur économique qu'il y a lieu de choisir ; les mêmes

(1) Voir la liste des ouvrages reçus, page 397, n° 32384.

graphiques donnent la valeur d'une inconnue intermédiaire *n* dont la connaissance est nécessaire pour éviter les tâtonnements assez pénibles inhérents à la résolution des équations transcendantes qui relient les diverses quantités (les courbes rationnelles d'intrados et d'extrados affectent en effet la forme de chaînettes).

Les tables, calculées avec sept décimales, permettent ensuite, à l'aide de la valeur approchée de cette inconnue *n* donnée par les graphiques pour l'épaisseur choisie, d'en calculer rapidement la valeur exacte et par suite d'en déduire mathématiquement tous les autres éléments du projet.

Ces graphiques sont basés sur certaines données numériques, dont on ne s'écarte guère en général dans la pratique; toutefois, M. de Tedesco indique une méthode élégante qui permet d'utiliser encore les graphiques dans le cas où l'on serait amené à admettre des données numériques différentes de celles qui ont été choisies pour le tracé de ces graphiques.

Quant aux tables, les diverses fonctions qu'elles contiennent sont complètement indépendantes de ces données numériques variables.

Enfin, des applications et des modèles de disposition de calcul montrent avec quelle facilité et rapidité on peut calculer tous les éléments d'un projet à l'aide de ces tables et graphiques.

M. Coignet montre alors les planches du pont Boucicaut qui a été inauguré l'année dernière, à Verjux (Saône-et-Loire), lieu de naissance de la donatrice, M^me^ Boucicaut. Ce pont est composé de cinq arches de 40 *m* de portée et de 5 *m* de flèche. M. Tourtay en a déterminé tous les éléments d'après sa méthode et en a dirigé la construction. Malgré sa légèreté extraordinaire pour une portée si considérable, étant donné le grand surbaissement, la pression moyenne ne dépasse pas 19 *kg* par centimètre carré. Cet ouvrage, en dépit de la mauvaise nature du sol, n'est revenu qu'à 486 000 *f*, soit à 234 *f* par mètre superficiel en plan.

M. Coignet termine en disant que la méthode de M. Tourtay, permettant de calculer rationnellement les ponts en maçonnerie et la simplification d'application de cette méthode apportée par M. de Tedesco, rendront selon lui les plus grands services à l'art de l'Ingénieur.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Coignet de cette intéressante analyse.

M. BERTRAND DE FONTVIOLANT a la parole pour présenter une analyse succincte d'une note de M. Duplaix, notre collègue, intitulée: « *Méthode générale de calcul des poutres droites avec poutrelles* ».

La détermination de l'influence des poutrelles sur les valeurs des efforts développés dans les poutres de pont n'est pas une question nouvelle. Elle a été traitée à diverses reprises par les auteurs les plus éminents, mais il n'en a pas été donné de solution aussi simple et aussi claire que celle due à M. Duplaix.

Cette nouvelle théorie est fondée sur un théorème unique dont voici l'énoncé :

En une section quelconque d'une poutre droite recevant l'action des charges par l'intermédiaire d'un système de longerons et de poutrelles, l'effort tranchant t *et le moment de flexion* m *sont égaux à ceux* T *et* M *que produiraient les mêmes charges si elles étaient directement appliquées à la poutre, dimi-*

nués respectivement de l'effort tranchant τ *et du mouvement de flexion* μ *développés dans la section correspondante du longeron.*

C'est-à-dire que l'on a :

$$t = T - \tau,$$
$$m = M - \mu.$$

Cette élégante proposition paraît devoir clore définitivement la question. Non seulement elle fournit un moyen commode de déterminer exactement les efforts dans les poutres de pont dont il s'agit, mais encore elle permet de se faire *a priori*, sans aucun calcul, une idée assez précise de l'influence exercée par les poutrelles sur les valeurs de ces efforts, influence qui est représentée par les termes soustractifs τ et μ des équations qui précèdent.

De ce théorème, M. Duplaix déduit notamment une épure très simple pour construire, en tenant compte des poutrelles, le diagramme représentatif des efforts tranchants maxima produits par le passage d'un train sur un pont en poutres droites reposant librement sur leurs appuis. Ce procédé est appelé à recevoir de fréquentes applications, puisque le nouveau règlement du 29 août 1891 sur les ponts métalliques impose aux Ingénieurs l'obligation d'envisager, dans les calculs de stabilité de ces ouvrages, la surcharge produite par le passage d'un train déterminé, au lieu des surcharges uniformément réparties que fixait l'ancien règlement de 1877.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Bertrand de Fontviolant d'avoir appelé l'attention de la Société sur les avantages de la méthode Duplaix et d'en avoir facilité l'étude par les développements et commentaires intéressants qu'il vient d'en donner.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Ch. Compère sur *Les Conditions de recette des tubes de chaudières multitubulaires.*

M. Ch. COMPÈRE rappelle qu'il a déjà eu l'honneur de faire ressortir en 1890, à la Société des Ingénieurs civils, l'extension prise en ces derniers temps par les générateurs multitubulaires ; cette extension s'explique par le développement de l'industrie et de l'éclairage électrique à l'intérieur des villes, et par l'encombrement des usines ; devant ce développement, il croit intéressant de tenir ses collègues au courant des travaux entrepris sur cette question.

C'est ainsi qu'il résume tout d'abord une note présentée à la réunion annuelle des Ingénieurs en chef des Associations de Propriétaires d'appareils à vapeur, en 1890, par son savant collègue de Bruxelles, M. Vinçotte, lequel conclut en disant que « les chaudières à tubes d'eau ont occasionné proportionnellement trois à quatre fois plus d'accidents que les autres, deux fois plus de morts d'hommes ; qu'individuellement, chaque accident a frappé moins de victimes ; que ces victimes n'ont toujours été que des préposés à la conduite des appareils, et que, d'ailleurs, ces accidents n'ont jamais entraîné d'effet dynamique appréciable ».

Relativement aux causes auxquelles sont dus les accidents survenus, M. Vinçotte conclut en disant que « les chaudières à tubes d'eau ont

introduit de nouvelles causes de danger, mais que les nombreux accidents des dernières années viennent surtout de ce qu'on ignorait les règles à suivre pour la construction et la conduite d'appareils aussi nouveaux, et qu'il n'y a pas de doute qu'on ne puisse, à l'avenir, en éviter la plus grande partie ».

M. Vinçotte fait ressortir ensuite combien, à cause égale d'accident, la bonne fabrication des tubes peut diminuer le nombre et l'importance des avaries subséquentes, et il en déduit les conditions que doivent remplir les tubes comme qualité de métal employé et comme soudure.

Ces conditions de réception sont déjà de pratique courante dans la Marine et les Compagnies de Chemins de fer, qui ont, à ce point de vue, des cahiers des charges fort bien étudiés, et dont M. Compère donne rapidement connaissance.

Ces cahiers des charges comportent les essais connus d'aplatissement de tubes, de rabattement de collerette, de mandrinage, de retournement, de cintrage, de pliage, sur un tube, par lots de 50, 100 ou 200 tubes ; mais il n'y est pas question d'examen spécial sur la soudure, si ce n'est l'essai hydraulique de tous les tubes à 25 ou 30 *kg*, essai sous lequel pourraient se révéler des fuites à la soudure, si elle était défectueuse, et encore cet essai n'est-il pas accompagné du martelage des tubes.

La question de la soudure est pourtant beaucoup plus importante pour les générateurs multitubulaires, dans lesquels la pression agit à l'intérieur des tubes et non à l'extérieur, comme dans les chaudières marines et locomotives.

Deux accidents survenus en Belgique sur des chaudières de Naeyer, l'un, le 7 décembre 1886, l'autre, le 14 janvier 1889, ont conduit M. Vinçotte à étudier tout spécialement cette question de la soudure des tubes.

Ces deux accidents se sont produits à une remise en feu, et ils ont consisté dans une ouverture brusque des tubes suivant la ligne de soudure ; ils ont entraîné la mort de trois ouvriers et des blessures graves à deux autres.

Ces déchirures, en ligne droite, consistaient dans le décollage de soudures en biseau, ayant des recouvrements variant entre 0 *mm* et 4 *mm*.

En présence de tels accidents, il fut décidé que les chaudières ayant fait explosion seraient démontées, et que les tubes seraient tous essayés à 50 atmosphères et martelés sous pression.

L'épreuve fut décisive : sur 422 tubes essayés, 34 s'ouvrirent brusquement par l'effet du coup de marteau ; les déchirures avaient de 0,07 *m* à 0,80 *m* de long ; toutes étaient dans des soudures sans recouvrement.

En présence du second accident, les membres de l'Association belge, qui avaient des chaudières multitubulaires, acceptèrent des visites à fond dans lesquelles tous les tubes dont la soudure était trop visible furent soumis à un martelage ou à l'essai à la presse ; et, pendant l'année 1889, 755 tubes durent être condamnés.

L'Association fit ensuite connaître à ses membres et aux constructeurs les conditions de réception qu'elle avait déjà adoptées comme règle après

le premier accident de 1886, mais en stipulant que la lecture des recouvrements de la soudure aux deux extrémités des tubes devait être faite sur tous les tubes et non sur 10 0/0 seulement, comme elle l'avait prescrit tout d'abord.

M. Vinçotte justifie cette lecture des recouvrements de la soudure sur tous les tubes en présentant un tableau où sont relevées les largeurs de recouvrement trouvées aux extrémités des mille derniers tubes qu'il a essayés ; les tubes provenaient du même laminoir et avaient été fabriqués pour avoir au moins 20 *mm* de recouvrement; dans cette réception, les recouvrements ont varié de 2 1/2 *mm* à 50 *mm*, et 108 ne présentaient pas les 20 *mm* exigés.

Toutes ces études ont amené M. Vinçotte à rédiger un cahier des charges que M. Compère présente également, et qui rappelle ceux déjà présentés, si ce n'est le relevé individuel, sur les deux extrémités de chaque tube, de toutes les soudures.

Telle est l'étude de M. Vinçotte, d'autant plus intéressante à faire connaître que les laminoirs, dont la fabrication n'est pas soumise au cahier des charges ci-dessus, se contentent, avant de livrer les tubes, de les essayer à une pression de 25 à 30 atmosphères, sans martelage, pour voir simplement si les soudures tiennent bien, essai trop insuffisant, comme M. Vinçotte l'a démontré.

M. Compère signale qu'il peut être fait d'autres essais sur les soudures ; c'est ainsi qu'une importante maison qui construit des générateurs multitubulaires, fait subir à tous ses tubes sans exception, avant tout travail, un essai de recette consistant à enfoncer à chaque extrémité, en trois ou quatre coups de marteau à devant, un mandrin qui augmente le diamètre de 1/2 *mm* environ.

Il signale aussi un autre essai de réception individuelle de tubes : le mandrinage fait à leurs extrémités, lorsque leur assemblage dans les boîtes collectrices se fait comme cela a lieu dans divers types de chaudières, par dudgeonnage.

M. Vinçotte attachait d'autant plus d'importance à cette question de soudures, qu'il pense que, dans plus de la moitié des cas de déchirures des tubes relevés officiellement, l'accident a consisté dans le décollage des soudures défectueuses.

Les statistiques ne sont pas, malheureusement, assez précises et assez complètes, pour que l'on soit bien fixé sur ce point.

Toutefois, d'après les statistiques françaises, M. Compère n'a relevé, de 1876 à 1889, sur treize ouvertures de tubes, que trois suivant la ligne de soudure.

D'ailleurs, M. Vinçotte semble attribuer les deux accidents qu'il a relatés uniquement au décollage des soudures ; peut-être y a-t-il eu, au préalable, surchauffe des tubes due aux diverses causes bien connues maintenant : obstruction, défaut d'alimentation total ou local, etc. ?

M. Compère rend compte ensuite de la récente réception d'une chaudière multitubulaire qui lui a été confiée. Il avait proposé pour les tôles des corps supérieurs l'acier extra-doux, dont il a présenté les conditions d'essais l'an dernier; mais, malgré les garanties présentées par ce métal, les tôles de fer furent prises en n° 3 et 4 pour les tôles cintrées et en

n° 5 pour les tôles travaillées ; toutes les tôles 3 et 4 furent essayées à la traction.

M. Compère donne ensuite les prescriptions qui furent suivies dans la construction de la chaudière.

Quant aux tubes en acier doux, ils devaient satisfaire au cahier des charges de l'Association belge.

Avant la réception de M. Compère, les laminoirs avaient déjà rebuté huit à dix tubes dont la soudure aux extrémités était inférieure à une jauge de 20 *mm;* ils n'avaient pas, d'ailleurs, relevé les largeurs des recouvrements que M. Compère a reprises lui-même sur les deux extrémités de chaque tube.

Ces largeurs ont varié de 20 à 50 *mm*.

Ces relevés des soudures ont montré que les recouvrements aux extrémités d'un même tube étaient très différents ; ainsi, sur un tube, M. Compère a relevé 22 *mm* à une extrémité et 50 *mm* à l'autre.

La grande variabilité dans les chiffres relevés montre bien la nécessité de relever le recouvrement de tous les tubes, à leurs deux extrémités.

Les divers autres essais ont été faits sur un tube pris au hasard.

Lors de la construction, le mandrinage des extrémités des tubes dans les collecteurs a fait rebuter un tube qui présentait, par ce travail, un commencement de décollement de soudure.

Comme complément à cette réception, M. Compère a relevé chez le constructeur de la chaudière les recouvrements de soudures à chaque extrémité de 90 tubes pris au hasard dans son magasin, et pour la commande desquels il n'avait été fait aucune prescription en ce qui concerne la largeur des recouvrements de soudures.

Les chiffres trouvés montrent que sur ces 90 tubes, 29, dont le recouvrement de soudure à une extrémité est inférieur à 20 *mm,* auraient été rebutés et ne seraient pas entrés en fabrication si leur réception avait été faite suivant les prescriptions précédemment indiquées.

Ces questions de réception de chaudières sont donc très importantes et M. Compère a cru intéressant de faire connaître plus spécialement celles qui concernent les générateurs multitubulaires, générateurs qui exigent des soins tout particuliers dans leur construction et leur entretien.

M. le Président dit que M. Compère a vivement intéressé par sa communication la Société, et il l'en remercie.

M. le Président donne la parole à M. A. Lencauchez.

M. A. Lencauchez dit qu'approuvant tout ce que M. Aug. Moreau a exposé dans la dernière séance *(du 2 octobre courant)* sur *les moteurs à gaz*, il ne saurait entrer dans sa pensée de discuter ; aujourd'hui il va continuer l'œuvre commencée par son distingué et savant collègue.

Il fait remarquer que le gaz d'éclairage *(dit de ville),* à 5 500 calories le mètre cube pris à 0° et à 760, généralement compté à 5 300 calories à + 15°, est un des plus parfaits véhicules pour le transport de la lumière, de la chaleur et de la force, attendu qu'il ne perd que 5 0/0 dans les grandes villes, comme à Paris par exemple, pour arriver à destination, soit là où il est employé à donner la force, la chaleur et la lumière.

M. Lencauchez dit que le rendement thermique du gaz dans un mo-

teur est de 20 0/0, ainsi que le prouvent les nombreuses expériences de MM. les professeurs Hirsch et Aimé Witz, tandis que celui de la vapeur, dans les machines réputées les plus parfaites, n'est que de 10 0/0. D'où il suit *que le gaz rend un effet utile double*, avec le minimum de perte pour son transport ; de plus, comme les canalisations de gaz sont existantes et souvent amorties, que, servant déjà pour le transport de la lumière et de la chaleur pour le chauffage domestique, la part de frais de transport afférente à la fraction du volume de gaz employé par les moteurs se réduit au minimum ; cette part n'étant que le 1/10e, le 1/6e ou le 1/3 des frais totaux de transport, suivant que la consommation du gaz pour moteurs est plus ou moins grande.

Le transport de la force par l'électricité est plus coûteux, puisque le rendement des machines réceptrices dans les conditions les plus favorables n'est encore que de 75 0/0 du travail absorbé par les génératrices : si le courant électrique est produit par des machines à vapeur, fussent-elles les plus parfaites, le rendement thermique étant pour la vapeur moitié du rendement thermique du gaz, on trouve que la perte pratique est de $100 - (0{,}75 \times 0{,}50) = 62{,}5$, comparaison faite avec le moteur à gaz, soit de 62 0/0 environ.

Le transport de la force par l'air comprimé donne lieu à une perte plus grande encore ; en effet, l'air comprimé ne rend en bonne pratique industrielle que 25 0/0 *(aux machines réceptrices, dites à air comprimé)*, du travail moteur qui a été développé sur les compresseurs ; il est vrai que si les machines réceptrices à air comprimé reçoivent de la vapeur ou sont chauffées de façon à les faire travailler en même temps comme machines à air chaud, leur rendement peut s'élever à 30, 33 et même à 35 0/0. D'où il suit que dans les meilleures conditions, la perte de rendement mécanique comparée à celle du gaz *(même en n'admettant comme pour le gaz qu'une perte de 5 0/0 de la part des canalisations sous pression de 5 à 6 kg)* s'élève à $(100 - 5) - (0{,}35 \times 0{,}50) = 77{,}5$, soit à 77 0/0 environ.

Avec ces chiffres on peut faire le tableau comparatif ci-dessous, le rendement industriel du gaz ayant la valeur de 1,000 à destination.

TRANSPORT DE LA FORCE SOIT DE L'ÉNERGIE A DISTANCE	RENDEMENT THERMIQUE A DESTINATION	PERTE COMPARATIVE A DISTANCE	VALEUR COMPARATIVE A DISTANCE
Transport de la force par le gaz avec moteur à gaz. .	$0{,}20 \times 0{,}950 = 0{,}1900$	0,050	1,000
Transport de la force de la vapeur par l'électricité. .	$0{,}10 \times 0{,}750 = 0{,}0750$	0,625	0,395
Transport de la force de la vapeur par l'air comprimé et réchauffé à destination.	$0{,}10 \times 0{,}350 = 0{,}0350$	0,775	0,237

M. Lencauchez fait voir ensuite que le gaz d'éclairage coûte peu à produire ; le coke pour la vente, le goudron, les eaux ammoniacales et le gaz produit représentent au moins 80 0/0 de la valeur de la houille qui a servi à les obtenir.

Si le gaz en France est relativement cher, c'est parce qu'il a à supporter des charges municipales très lourdes qui en surélèvent considérablement le prix, et ce n'est que quand nous aurons une bonne loi, comme le *Gas act* des Anglais, que le gaz d'éclairage, ou mieux de distillation, deviendra bon marché comme à l'étranger ; si donc en France le transport de la force, de la chaleur et de la lumière à distance progresse peu et si le nombre des moteurs à gaz à Paris n'est pas le dixième de ce qu'il devrait être, c'est à notre législation surannée qu'il faut s'en prendre, vu que c'est elle qui favorise les résistances des municipalités aux véritables progrès que l'on est en droit de réclamer de l'industrie du gaz d'éclairage.

M. Lencauchez donne ensuite la description de deux types de moteurs à gaz construits par les ateliers de constructions mécaniques de la Compagnie parisienne du Gaz.

L'un, pour les petites forces, est vertical et monocylindrique, et l'autre est horizontal et à deux cylindres avec mouvement unique pour leur distribution système Lenoir.

Après avoir fait la description de ces remarquables appareils, M. Lencauchez donne un tableau de consommation qui fait voir que les petits moteurs de la Compagnie parisienne ne dépensent que 565 *l* de gaz pour une force de 37 1/2 *kgm (ou d'un demi-cheval)* par heure, soit une dépense par heure et par cheval effectif de 1 m^3,130 *l*, tandis que les moteurs de 6 à 24 chevaux ne dépensent par heure et par cheval effectif que 655 *l* de gaz. M. Hirsch a même constaté en essai une dépense de 601 *l* (à + 15° et à 760) avec un moteur de 16 chevaux effectifs et nominaux de MM. Rouart frères, qui construisent les mêmes moteurs Lenoir que la Compagnie Parisienne du Gaz.

Ensuite M. Lencauchez fait voir les diagrammes donnés par les moteurs de différentes forces construits par la Compagnie parisienne du Gaz, qui tous font voir l'excellence des dispositions adoptées par la Compagnie pour les distributions de ses moteurs.

Abordant la seconde partie de sa communication, M. Lencauchez fait voir que là où le gaz d'éclairage fait défaut, il peut être remplacé pour les petits moteurs par le gaz des gazogènes. Pour les grands moteurs de la force de 30, 50, 80, 100 chevaux et au-dessus, il fait voir ensuite que la marche de ces puissantes machines au gaz des gazogènes réalise une économie de 50 0/0 dans la dépense réelle et effective de combustible sur la marche des machines à vapeur les plus perfectionnées recevant leur vapeur de chaudières également perfectionnées et aussi parfaites que possible dans l'état actuel de nos connaissances.

A ce sujet, il cite les nombreuses observations, études et expériences de M. le Dr Aimé Witz, sur la marche des moteurs à gaz des gazogènes, démontrant que leur dépense par cheval effectif et par heure est inférieure à 0,600 *kg* d'anthracite.

Au sujet de l'emploi de ce combustible, M. Lencauchez donne certains détails et fait voir qu'avec de bons gazogènes, les derniers des combustibles, dans l'ordre économique, peuvent fournir du bon gaz entre 1 350 et 1 500 calories au mètre cube à 0°, et à 760 aux grands moteurs, qui alors peuvent réaliser partout l'économie de 50 0/0 sur les

machines à vapeur les plus perfectionnées, Compound, Corliss, Sulzer, Farcot, etc., aussi bien en poids de combustible consommé qu'en argent.

Enfin, M. Lencauchez démontre que le gazogène perfectionné transforme en gaz ou fluide moteur le combustible solide avec une perte inférieure à 20 0/0, tandis que la chaudière à vapeur la plus parfaite aujourd'hui n'utilise que bien rarement 70 0/0 du calorique du combustible brûlé sur sa grille, de sorte que sa perte minima est de 30 0/0.

Comme conclusion, M. Lencauchez dit que le gazogène (tel que ceux qu'il construit aujourd'hui) est un transformateur beaucoup plus parfait que la chaudière à vapeur, et que, de plus, le moteur a un rendement thermique double de celui de la machine à vapeur la plus perfectionnée; de sorte qu'il est facile de doubler le rendement thermique du combustible par l'emploi judicieux des moteurs à gaz, qui datent de trente ans et qui sont encore susceptibles de perfectionnements, comme les gazogènes qui leur donnent le fluide moteur, c'est-à-dire leur gaz, alors qu'il semble qu'il n'y a plus rien à espérer des machines et des chaudières à vapeur en matière d'améliorations, de quelque importance que ce soit aujourd'hui.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Lencauchez et donne la parole à M. Gustave Richard sur la même question.

M. Gustave RICHARD s'exprime ainsi : Messieurs, vous avez entendu, il y a quinze jours, la belle conférence de M. Aug. Moreau sur *le moteur Niel*, M. Lencauchez vient de vous présenter, avec autant de compétence et d'autorité, la description du *moteur Lenoir;* je commencerai par vous prier de vouloir bien me dispenser d'ajouter à ces communications l'éloge du moteur Otto. J'ai, pour cela, bien des raisons de convenance, que vous comprenez à merveille. D'autre part, le moteur Otto est, il faut le reconnaître, pour beaucoup le prototype de ces différentes machines, et le bien que l'on dit des enfants ne saurait, je crois, nuire à la réputation du père.

Je me propose de passer en revue avec vous les points les plus importants de la théorie et de la pratique des moteurs à gaz et de discuter quelques-uns des moyens proposés pour améliorer le rendement de ces moteurs et pour en étendre les applications.

Mais, avant d'aborder ces questions, je demande à présenter une observation sur un point de la conférence de M. Moreau, bien que ce point s'écarte un peu du domaine de la technologie pure. Parlant des procès intentés par Otto à ses contrefacteurs, M. Moreau vous a dit qu'il avait perdu tous ses procès en Allemagne et en France — ce qui n'est pas tout à fait exact — et qu'il les avait gagnés en Angleterre, mais, ajoute M. Moreau, « on ne sait trop pourquoi ». Eh ! bien, je vais vous dire ce pourquoi, ou, du moins, vous en exposer la raison principale, parce qu'il est utile, je crois, de la faire connaître à ceux d'entre vous qui pourraient avoir des procès de contrefaçon en Angleterre. Cette raison, la voici : c'est qu'en Angleterre les procès de contrefaçon se jugent dans un esprit souvent très différent de celui de la jurisprudence française, et toujours avec une procédure d'expertise qui ne ressemble en rien à la nôtre.

Ainsi, lorsqu'on a présenté au juge anglais la petite brochure autographiée de Beau de Rochas, il ne s'est pas contenté d'en vérifier la date; il a demandé d'où elle venait, de quel recueil officiel, de quelles bibliothèques? Au Patent Office de Londres, il y a la collection complète imprimée des brevets français, celui de Beau de Rochas n'y est pas; sa brochure, elle n'existait dans aucune bibliothèque d'Angleterre, ni publique ni privée. Malgré l'appât d'une forte récompense, aucun ingénieur anglais ne put venir affirmer à la barre de la haute Cour de Londres qu'il avait même soupçonné l'existence de Beau de Rochas avant ce procès (1884). Enfin, l'on aboutit, après d'innombrables recherches, à découvrir, perdue dans les débarras du British Museum, un exemplaire de la fameuse brochure, non cataloguée, encore enveloppée de sa feuille d'expédition. Ensuite, le juge examina la brochure. Était-ce un véritable brevet, une antériorité opposable au sens de la loi anglaise, c'est-à-dire une spécification avec les dessins et les explications indispensables pour pouvoir en tirer la construction d'une machine? Non : pas de dessins, l'énoncé d'un théorème, d'un cycle « qu'il faudrait s'efforcer de réaliser autant que possible » et c'est tout. C'est beaucoup, je le veux bien, c'est même, si on le veut, la gloire de Beau de Rochas; mais, en Angleterre, un théorème ne constitue pas une antériorité opposable. C'est en vertu de ces considérations que la haute Cour de Londres décida qu'il serait absolument illégal — en Angleterre seulement, bien entendu, — d'invalider en quoi que ce soit le *brevet* d'Otto en considération d'un *théorème* absolument inconnu d'ailleurs et même pratiquement inconnaissable avant ce procès; et la brochure de Beau de Rochas fut, dès lors, définitivement reléguée parmi les moyens de contrefaçon inutilisables en Angleterre.

Je vous ai dit, qu'en Angleterre, la procédure des expertises est toute différente de la nôtre; elle est *contradictoire en public*. Comme ce procès Otto était très important, l'on appela devant la Cour les plus grands savants et les ingénieurs les plus compétents d'Angleterre : Sir William Thomson, Sir F. Bramwell, Clark, Dewar, etc., les uns pour Otto, les autres contre. Il en résulta, en dehors des nombreuses expériences exécutées par ces hommes éminents, une discussion technique des plus complètes, qui occupa une trentaine d'audiences, et dont le résumé se trouve représenté par le ballot d'imprimés que voici. Cette procédure, où il y a bien autre chose que des plaidoyers et de la jurisprudence, constitue en réalité l'enquête expérimentale et technique la plus approfondie, la plus compétente et la plus impartiale — étant publique et contradictoire — que l'on ait jamais faite sur l'histoire du moteur à gaz et sur les points les plus discutés de sa technologie ; c'est donc un document à peu près unique, extrêmement important et intéressant en dehors même du procès qui en fut l'occasion; et c'est pour cela que je me fais un plaisir de l'offrir à votre bibliothèque.

Quant au procès français, il va sans dire que je ne puis vous en parler. Voici les rapports des experts — c'est une pièce officielle; — ceux d'entre vous qui s'intéressent particulièrement à ce genre de littérature pourront en prendre connaissance à la bibliothèque et se faire une opinion motivée d'ingénieurs; sans rien en préjuger, je ne m'étonnerai pas outre

mesure que cette opinion fût quelquefois moins nette et moins absolue que celle de M. Moreau.

Arrivons maintenant aux questions plus paisibles de technologie pure.

J'insisterai tout d'abord sur une particularité capitale et des plus intéressantes du mélange gazeux employé par l'immense majorité des moteurs à compression. Vous savez, comme vous l'a dit M. Moreau, que, dans la plupart de ces machines, c'est-à-dire dans presque tous les moteurs à *compression intérieure*, où la compression s'effectue par le piston moteur même, on ne chasse pas complètement du cylindre les gaz brûlés pendant la course motrice ; on conserve au contraire, vers la fin de l'échappement, dans la chambre de compression, un volume très notable : un quart environ de ces produits de la combustion. Il en résulte, qu'au moment de l'allumage, le cylindre moteur se trouve rempli d'un mélange de gaz d'éclairage, d'air et de gaz inertes, ou produits de la combustion motrice précédente, constitués en grande partie d'acide carbonique et d'azote. En outre, ces gaz ne sont pas intimement mêlés entre eux dans toute leur masse, de sorte que le mélange gazeux présent au cylindre au moment de l'allumage n'est pas uniforme ou homogène, mais hétérogène. La composition de ce mélange varie d'un point à l'autre du cylindre ; mais il faut, en plus, que cette variation suive une certaine loi, que l'on peut formuler en disant que le mélange doit être d'autant plus riche en gaz, ou plus pur et plus actif, que l'on se rapproche plus du point d'allumage ; en un mot, *le mélange doit présenter sa région la plus riche à l'allumage.*

La réalité de ce mélange hétérogène, longtemps contestée par toutes sortes d'arguments *a priori*, ne l'est plus aujourd'hui depuis sa constatation expérimentale absolument indéniable, notamment en Angleterre par Dewar, et en Belgique par M. Dwelshauvers. On n'en conteste pas davantage la nécessité relative, c'est-à-dire l'obligation de ne pas mélanger uniformément aux gaz actifs les produits de la combustion conservés au cylindre, mais, au contraire, de conserver à ce mélange une région riche aux environs de l'allumage. Ces deux points sont actuellement acquis, et ce que l'on discute, ce n'est plus l'existence de ce mélange, ni la logique de sa constitution, étant admis qu'il faille garder les gaz brûlés, mais la question de savoir s'il faut ou non garder ces gaz, s'il est ou non avantageux de chasser complètement les produits de la combustion.

Au premier abord, il semble que l'expulsion complète s'impose. Il semble en effet presque évident que ces gaz devraient provoquer des détonations intempestives par leur contact brûlant avec les gaz actifs, ou s'y mélanger au point d'en rendre l'allumage presque impossible et la combustion très imparfaite ; et c'est, en effet, contre ces objections, des plus spécieuses, que les inventeurs de moteurs à gaz ont si longtemps et si vainement lutté. On admettait comme un axiome, ainsi que le spécifiait Beau de Rochas, la nécessité de l'emploi d'un mélange intime d'air et de gaz, sans gaz inertes, donnant la pression la plus élevée possible. De là, cette persévérance, en apparence inexplicable aujourd'hui, à compliquer le moteur à compression de toute sorte d'organes

destinés soit à chasser complètement les gaz brûlés, soit à les séparer mécaniquement des gaz actifs ; erreur d'une importance telle, et si universellement admise, que le principe capital de la compression, ou du cycle à quatre temps, ne put être appliqué que soixante-seize années après sa découverte par Lebon. Vous voyez combien il faut, en matière de moteurs à gaz comme en presque toute chose, se méfier extrêmement des raisonnements *a priori* et des affirmations basées sur une évidence autre que la preuve expérimentale.

Ce n'est pas à dire que l'on ne puisse pas arriver à construire de bons moteurs à gaz sans y conserver les produits de la combustion. On peut y parvenir, soit avec un seul cylindre, par des mécanismes à courses inégales ou à pistons auxiliaires, ou en ajoutant au cycle à quatre temps des périodes supplémentaires, soit, et c'est le moyen le plus usité, par l'emploi d'une compression effectuée en dehors du cylindre moteur : c'est la solution des machines à *compression extérieure*. Mais on peut, sans préjuger de l'avenir, affirmer que, jusqu'à présent, aucune de ces machines n'a présenté des avantages suffisants pour les faire préférer au type plus simple à quatre temps et à compression intérieure, presque universellement adopté aujourd'hui.

Il faudrait en effet, pour justifier les complications qu'entraine l'expulsion complète des gaz brûlés, que cette expulsion améliorât notablement la combustion du gaz et le rendement du diagramme. Or, l'expérience a démontré que, dans l'immense majorité des cas, et, bien entendu, avec une stratification du mélange et un allumage convenablement disposés, la conservation des gaz brûlés ne nuit pas à la combustion des gaz. Ces gaz n'agissent que comme atténuateurs du choc de l'explosion, ainsi que le ferait un matelas d'air en excès, également inerte, mais avec cet avantage qu'ils diminuent par leur chaleur la perte à l'échappement. Et comme il suffit d'autre part, pour assurer l'allumage au point le plus riche, de l'effectuer dans le canal même d'introduction du mélange actif d'air et de gaz, ou tout près de ce canal, et autant que possible dans l'axe du cylindre, il n'apparait aucune raison de renoncer au type fondamental de moteurs si nettement défini par Otto en 1876, et qui résulte essentiellement, comme nous venons de le voir, non pas de l'emploi seul du cycle à quatre temps, mais de la combinaison de ce cycle avec la conservation d'une partie notable des gaz brûlés pendant la course motrice.

C'est donc, actuellement du moins, à cette combinaison fondamentale qu'il faut se rallier, en cherchant par quels moyens on pourrait en améliorer encore les résultats.

Ces moyens sont de deux sortes : d'ordre thermique, et d'ordre mécanique.

Dans l'ordre thermique, il faut s'efforcer de diminuer le plus possible les deux grandes pertes du moteur à gaz : la perte par les parois et la perte par l'échappement.

Dans la moyenne des moteurs actuels, la perte par les parois, autant qu'on peut la déduire approximativement de la chaleur entrainée par l'eau de refroidissement, oscille, comme vous l'a dit M. Moreau, entre

30 et 45 0/0 de la chaleur totale de combustion du gaz. On peut la réduire par trois moyens isolés ou combinés : en diminuant la durée, l'intensité ou l'étendue de l'action des parois.

On diminue la durée de l'action des parois en augmentant la vitesse du piston moteur soit par une rotation plus rapide, soit, pendant la course motrice seulement, par des dispositifs à courses inégales ou par l'emploi de pistons libres, difficilement applicables aux machines à compression.

La vitesse du moteur ne saurait être augmentée indéfiniment en raison de l'influence destructive des chocs, qui croît à peu près comme le carré des vitesses ; mais, sans aller jusqu'aux limites dangereuses mécaniquement, d'autres causes limitent aux environs de 250 à 300 tours la vitesse pratique des moteurs d'une force supérieure à un cheval. La principale est que, d'après l'expérience, l'économie des moteurs n'augmente pas, ou que de très peu, à partir de 250 tours environ : l'augmentation des résistances passives du moteur arrive très vite à compenser l'accroissement du diagramme, et cet accroissement même n'a pas toujours lieu ; car, si la température de l'explosion est plus chaude, il en est souvent de même de celle de l'échappement.

C'est à cette même cause : l'augmentation corrélative de la perte par l'échappement, qu'il faut attribuer, sans même parler de la complication de leurs mécanismes, le peu d'économie réalisée par les machines à courses inégales. Voici, par exemple, comment se répartissait, ainsi que vous l'a déjà signalé M. Moreau, la chaleur dans un moteur Otto et dans un moteur Atkinson essayés en 1888, dans des conditions aussi comparables que possible, par la Société des Arts de Londres :

	Otto	Atkinson
Puissance calorifique du gaz dépensé.	100	100
Chaleur convertie en travail.	22,1	22,8 0/0
Chaleur perdue par l'eau de refroidissement. . .	43,2	27
Chaleur perdue par l'échappement.	35,5	50,2

Le moteur Atkinson, l'un des plus ingénieux des types à courses inégales, chassait complètement les gaz brûlés tout en n'employant qu'un seul piston dans un cylindre ouvert, et donnait une course motrice d'un tiers environ plus longue que celle de l'aspiration. Vous voyez que le rendement du diagramme est presque identique dans les deux moteurs : 22 0/0 dans l'un, 23 0/0 dans l'autre, et que ce fait s'explique parfaitement de ce que le moteur Atkinson perd à très peu près à l'échappement ce qu'il gagne aux parois.

On n'a donc, jusqu'à présent, rien ou presque rien gagné à diminuer la durée de l'action des parois, ou, plus exactement, la durée de la course motrice dans les moteurs à compression.

Gagne-t-on à en diminuer l'intensité, c'est-à-dire à augmenter la température moyenne des parois, ou, plus exactement, à diminuer la différence entre leur température et celle des gaz pendant la course motrice ? Il existe pour cela deux moyens : augmenter la température des parois, diminuer celle de l'explosion.

Augmenter la température des parois de la totalité du cylindre au delà de celle correspondant à une circulation d'eau sortant à 70 ou 80°, il n'y faut pas songer : le piston gripperait bientôt, même avec un graissage exagéré, et dépenserait d'ailleurs en huile, en usure et en frottement plus que le gain parfois nul du diagramme. Mais l'on n'est pas obligé de chauffer tout le cylindre, on peut en isoler plus ou moins la chambre de compression, où se fait l'allumage et où le piston ne pénètre pas, et que l'on peut ainsi laisser s'élever à une température plus haute. C'est la solution des *chambres de compression isolées*, appelées parfois réchauffeurs, proposées depuis très longtemps sous les formes les plus diverses, mais à peine employées sur deux ou trois types de moteurs. L'économie de cette disposition n'est pas évidente, car rien ne dit que l'on ne perd pas à l'échappement ce que l'on gagne au diagramme pendant les premiers instants de la course; en tout cas, le gain ne saurait être que très faible. Des expériences exécutées avec deux moteurs ne différant entre eux notablement que par l'isolement de la chambre de compression, marchant à peu près à la même vitesse et à la même compression, avec le même allumage, ont en effet donné des résultats comparables et plutôt favorables au moteur sans chambre isolée, ou sans réchauffeur. Si l'on ajoute à cette considération celles de la situation défavorable des organes mécaniques solidaires du réchauffeur et de la chaleur désagréable qu'il dégage, il n'y a pas lieu de s'étonner du peu de considération que son usage a reçu de la pratique, bien qu'il ait été proposé et essayé depuis longtemps. En fait, si quelques constructeurs reviennent aujourd'hui à l'emploi des chambres de combustion isolées, c'est plutôt soit concurremment avec d'autres dispositifs, soit à la recherche d'un moyen de réaliser ainsi, pour les machines à pétrole, l'allumage spontané de Beau de Rochas.

La *dilution du mélange actif* dans une masse plus ou moins importante de gaz inertes : air ou produits de la combustion, contribue aussi à diminuer l'influence des parois en abaissant la température propre de la course motrice. Dans quelle mesure? Il est très difficile de le préciser en présence des phénomènes extrêmement complexes qui se produisent dans le cylindre d'un moteur à gaz, mais on peut néanmoins affirmer que, toutes choses égales, aussi bien sans qu'avec la compression, le rendement sera d'autant meilleur, à combustion complète, que le dosage moyen du mélange sera plus faible. Ce fait, dès longtemps indiqué par la théorie, a été parfaitement démontré par de nombreuses expériences, notamment par celles de Clark, Slaby, Salanson et Debuchy. Le dosage le plus usuel oscille aux environs de 1 de gaz pour 10 d'air en volumes; on peut aller à la rigueur jusqu'à 14 ou 15 d'air, mais en usant à l'extrême des trois moyens dont on dispose pour reculer la limite d'inflammabilité des mélanges gazeux : des parois très chaudes, une compression très élevée, une dilution ordonnée de manière que le mélange présente à l'allumage sa région la plus riche. On a bien cherché, mais sans succès, à perfectionner cette dilution en disposant dans le cylindre certains organes mécaniques, ou en y créant des tourbillons de manière à distribuer les gaz brûlés tout autour du mélange actif en une sorte de

gaine l'isolant des parois; aucun résultat avantageux n'est venu justifier ces complications.

Nous arrivons au seul moyen pratique de diminuer la surface refroidissante des parois au moment de l'explosion, c'est-à-dire à *la compression*, caractéristique dominante du moteur à gaz moderne. Mais la compression ne se borne pas à diminuer ainsi l'influence des parois : augmentant au moment de l'allumage la température du gaz dont elle rapproche en même temps les molécules, elle en recule la limite d'inflammabilité, permet l'emploi de dosages plus pauvres, ce qui est, comme nous l'avons vu, une raison d'économie.

De plus, elle joue un rôle mécanique précieux en atténuant, supprimant même les chocs dus au jeu des articulations qui se trouvent ainsi resserrées au moment même de l'explosion. La question est de préciser jusqu'à quel degré il convient de pousser la compression. Au point de vue thermique, la réponse est facile : il faut l'élever jusqu'à sa limite, jusqu'à l'allumage spontané ; mais, outre que cet allumage est à peu près irréalisable avec les gaz ordinairement employés, et, qu'à cette limite, le cylindre ne durerait pas longtemps, il faut remarquer que l'avantage à retirer d'une augmentation de la compression est loin d'être proportionnel à cette augmentation. En admettant, ce qui est au-dessus de la vérité, que la pression d'explosion augmente proportionnellement à la compression et que la détente soit isothermique, le rendement n'augmenterait qu'avec le logarithme de la compression (formule de Salanson). Le moteur à grande compression sera toujours le plus avantageux, mais avec un gain d'autant moindre que l'on comprimera davantage ; et d'autre part, à compression égale, cet avantage sera d'autant plus sensible que la pression d'explosion sera moindre. D'après cette formule logarithmique, évidemment trop favorable, on ne gagnerait que très peu en passant, par exemple, de 3 à 4 atmosphères à la compression; de sorte que l'on peut affirmer qu'il n'y a, dans l'état actuel de la construction, en tenant compte de la fatigue imposée au cylindre et au mécanisme par les grandes compressions, aucun intérêt pratique à dépasser une compression de 3 atmosphères effectives ; et c'est, en effet, aux environs de ce chiffre, plutôt au-dessous, que se tiennent la grande majorité des constructeurs.

En résumé, des divers moyens dont on dispose pour diminuer l'influence des parois, aucun ne semble pouvoir être utilement prolongé au delà des limites que leur a fixées l'expérience, tandis que plusieurs d'entre eux seraient plutôt nuisibles à l'ensemble du moteur, et l'une des raisons principales de cet état de choses est que l'on perd, en général, à l'échappement ce que l'on gagne aux parois.

Ce n'est donc pas dans une diminution de l'influence seule des parois qu'il faut chercher à perfectionner notablement le rendement thermique des moteurs à gaz.

Voyons si nous pouvons quelque chose du côté de la *perte à l'échappement*, qui oscille, comme vous le savez, entre 30 et 40 0/0 de la chaleur motrice. Théoriquement, la réponse est immédiate. Même en ne modi-

fiant que le moins possible le restant du cycle usuel des moteurs à gaz, il est bien évident que l'emploi d'un *régénérateur* recevant les gaz de l'échappement et parcouru en sens inverse par ceux de l'admission restituerait au mélange moteur la chaleur actuellement emportée par les gaz de l'échappement, et nous éviterait en très grande partie la perte de cette chaleur.

C'est donc aux régénérateurs qu'il faudrait théoriquement recourir pour réaliser le seul perfectionnement notable du cycle des moteurs à gaz dont on entrevoie en ce moment la possibilité; d'autant plus, qu'évitant de perdre à l'échappement ce que l'on gagnerait, comme nous l'avons vu, par certains moyens, aux parois, l'emploi des régénérateurs lèverait en partie les objections présentées contre ces moyens et permettrait de gagner doublement, en réduisant à la fois la perte des parois et celle de l'échappement.

Pourquoi n'a-t-on pas encore appliqué aux moteurs à gaz le régénérateur, du moins aux moteurs de grande force? Nous touchons ici à l'un des points les plus curieux de l'histoire des machines thermiques, dont l'étude est bien faite pour démontrer quelle distance sépare parfois la théorie de la pratique, et quelle différence il faut savoir reconnaître entre l'énoncé d'un théorème et la réalisation d'une machine. Le régénérateur est connu depuis l'origine des machines à air chaud, dont les moteurs à gaz ne sont qu'un cas particulier. En 1816, Stirling lui donna, dans sa remarquable machine. l'une de ses formes théoriquement les plus parfaites. On n'a jamais conçu de machine à air chaud plus ingénieuse, plus irréprochable en théorie que celle de Stirling; et pourtant son illustre inventeur en expliquait le fonctionnement par les idées les plus singulières, attribuant au régénérateur le rôle d'une sorte de mouvement perpétuel. On explique maintenant ce rôle, on en reconnait unanimement l'efficacité, même pour les machines à air chaud les plus parfaites possibles, dans lesquelles ce rôle n'est pas évident, à telles enseignes qu'on l'a parfois nié en se fondant sur certaines applications trop incomplètes de la thermodynamique à l'étude des moteurs. Si donc les régénérateurs ne se rencontrent pas, ou presque pas, sur les machines à air chaud, cela ne tient ni à une erreur de principe, ni à la nouveauté de leur invention. Cela tient uniquement aux difficultés pratiques qui se sont sans cesse opposées à la réalisation d'un bon régénérateur.

Ces difficultés sont, en effet, multiples et très graves. Le régénérateur doit présenter, sous un volume aussi réduit que possible, une capacité calorifique considérable, une grande puissance d'échange de températures, offrir au passage des gaz, mais sans en étrangler l'écoulement des surfaces de contact très étendues, autant que possible inaltérables et parfaitement accessibles au nettoyage; il doit surtout durer, ne pas se brûler ni s'effriter. C'est là la difficulté principale. Les toiles et les lames métalliques, d'une si puissante activité d'échange, s'encrassent et se brûlent. Aucun métal ne résiste, sauf le platine, et peut-être le nickel, encore trop coûteux. Les matières réfractaires, plus encombrantes et moins actives, presque toutes poreuses, s'engorgent, s'écaillent ou s'effritent; et le fait est, qu'après les recherches les plus nombreuses et les mieux dirigées, celles de M. Hirsch notamment, on en est encore à cher-

cher une matière capable de satisfaire au service d'un régénérateur véritablement pratique. La partie thermique et mécanique de l'application du régénérateur aux moteurs à gaz et à air chaud est presque entièrement résolue; on sait comment il faut l'introduire dans le cycle de ces machines, et quels résultats il donnerait. Pour les moteurs à gaz, le problème est à l'étude depuis longtemps. De 1860 à 1881, sir William Siemens, familiarisé mieux que personne avec la pratique des régénérateurs de la métallurgie, en a étudié l'application aux moteurs à gaz dans une série de travaux extrêmement remarquables, d'où sortira peut-être le moteur à gaz de l'avenir. D'autres, à la suite de Siemens, ont repris la question, autant pour les machines à huiles minérales brutes que pour les moteurs à gaz; bien des solutions ont été proposées, et sont présentées chaque jour, parfois très ingénieuses aux points de vue thermique et mécanique, mais échouant sans cesse, comme Siemens, parce que la matière manque. C'est au chimiste, au métallurgiste, — à qui la mécanique a rendu de si grands services, — de venir à leur tour en aide au mécanicien.

Vous voyez, Messieurs, comment ce problème de l'amélioration thermique du moteur à gaz, ramené en apparence à deux termes très simples : réduire la perte aux parois, réduire la perte à l'échappement, s'est, dès l'abord, compliqué extrêmement par le fait, non seulement des difficultés pratiques particulières à chacune de ces solutions, mais surtout par la solidarité de ces deux causes de pertes, réagissant l'une sur l'autre au point qu'il paraît extrêmement difficile de diminuer l'une sans augmenter l'autre presque d'autant; et c'est ainsi que nous avons été amené à présenter le régénérateur comme le seul moyen théorique, malheureusement encore impraticable, d'arriver à améliorer notablement, à plus que doubler le rendement du moteur à gaz.

Cette solidarité que nous avons constatée entre la perte aux parois et la perte à l'échappement, il ne faut jamais oublier qu'elle existe entre tous les organes du moteur à gaz. Le cylindre d'un moteur ne présente en réalité qu'une analogie plus lointaine qu'on ne le croit souvent avec l'appareil de laboratoire dans lequel on étudie séparément le phénomène d'une explosion de mélanges gazeux. Dans les moteurs à gaz, une course motrice n'est jamais isolée; son allure dépend de la course précédente et influe sur la suivante ; en outre, les résultats finaux et dominants, le rendement sur l'arbre, la durée et la régularité du moteur, sont soumis à bien d'autres influences, solidaires aussi les unes des autres, parfois contradictoires, et dont l'ensemble doit toujours être présent et comme agissant et vivant sous les yeux du constructeur. Aussi, tout en reconnaissant l'extrême importance des recherches de laboratoire, et leur parfaite exactitude en soi, faut-il se garder d'en généraliser trop hâtivement les conclusions, et bien se rappeler, en appliquant ces conclusions, qu'elles portent sur des phénomènes considérés isolément et non pas sur ce qu'ils deviennent, comme au moteur à gaz, dans tout un ensemble de réactions diverses et multiples, dont la plupart sont encore inexpliquées.

C'est ainsi que, pour ne considérer que l'une des périodes du cycle

des moteurs à gaz, et la plus importante, la course motrice, il faut bien reconnaître qu'elle est extrêmement complexe et, en allant au fond des choses, encore inexpliquée. On ne peut pas encore répondre complètement à cette question : d'où vient la perte à l'explosion et à la détente? De l'influence des parois, en partie, cela n'est pas douteux; cette influence agit, on a pu même en formuler certaines lois en la considérant isolément; mais pour combien et dans quel sens, variable ou constant, intervient-elle au milieu des autres phénomènes de la course motrice : tels que l'augmentation des chaleurs spécifiques aux températures de l'explosion — qui n'est pas encore universellement admise; — les dissociations — plutôt soupçonnées que démontrées ; — le prolongement de la combustion pendant la détente — nié par les uns, magistralement affirmé par d'autres, et qui est en tout cas, s'il existe, comme je le pense, fonction de la nature du mélange, de la compression, de la puissance de l'allumage, en un mot, qui se présente comme un phénomène des plus complexes en lui-même et en raison de sa solidarité avec l'ensemble des actions qui se produisent simultanément dans le temps si court d'une course motrice.

Vous le voyez, nous sommes encore dans l'incertitude au sujet de la nature réelle de la plupart des phénomènes qui se produisent dans le cylindre des moteurs à gaz, et il serait plus que présomptueux de dire qu'il n'y a pas d'intérêt pratique à les connaître. La théorie expérimentale du moteur à gaz n'est pas faite; vous savez comment s'est faite celle de la machine à vapeur; par quels travaux persévérants, dévoués, avec quels résultats d'une incontestable utilité et glorieux pour notre pays. La théorie expérimentale des moteurs à gaz ne s'établira pas non plus toute seule; mais elle est certainement d'une importance suffisante pour qu'on s'y applique, sans reculer devant sa difficulté, l'aridité des travaux, la longueur et le prix des études. J'ajoute qu'il serait à souhaiter que cette théorie fût établie par des savants et des Ingénieurs français, et qu'il n'est en apparence besoin, pour que ce souhait se réalise, comme aussi bien d'autres travaux extrêmement importants pour l'art de l'Ingénieur, que d'une chose très simple en elle-même, et dont l'urgence s'impose à tous égards : la réorganisation la plus prompte possible du laboratoire de notre Conservatoire des Arts et Métiers.

Il me resterait, Messieurs, à vous parler de la partie mécanique du moteur à gaz et de deux moyens très importants d'en étendre encore les applications en les généralisant; je veux dire : l'emploi des pétroles bruts non rectifiés et celui des gaz pauvres, auquel M. Lencauchez a si brillamment contribué. Mais l'heure s'avance, et il me serait impossible d'aborder ce sujet sans abuser absolument de votre attention et sans interdire en fait la parole à ceux de nos collègues venus pour prendre part à cette discussion. Je vous demanderai donc, en vous remerciant de l'attention que vous m'avez si gracieusement accordée, de vouloir bien m'autoriser à remettre à une autre séance la suite de cette communication.

M. le Président remercie M. Gustave Richard et croit devoir rappeler à la Société que le Congrès international de mécanique appliquée a, au nombre des vœux qu'il a transmis au Gouvernement, demandé l'exécution de divers travaux au Conservatoire des Arts et Métiers de Paris afin de permettre certains travaux d'expériences que, dans la situation actuelle, il n'est pas possible aux savants professeurs du Conservatoire d'entreprendre.

M. D.-A. Casalonga demande à présenter quelques observations, puisque M. G. Richard a bien voulu le nommer.

Il croit que les essais faits naguère, avec beaucoup de persévérance par M. Hirsch, n'ont pas réussi malgré les grandes ressources scientifiques et matérielles dont il disposait, parce qu'il a cherché à réaliser les principes qui ont cours encore aujourd'hui, d'après lesquels le rendement économique d'une machine thermique est une fonction exclusive de l'écart existant entre les températures extrêmes.

L'éminent professeur cependant, contrairement à l'opinion exprimée dans son traité de la *Théorie mécanique de la Chaleur*, par celui qui fut notre sympathique savant alsacien, Hirn, avait très bien compris l'intérêt et les avantages de la récupération, inaugurée en effet par Stirling, continuée par Erickson.

Malheureusement il en a été jusqu'ici des récupérateurs à haute température, sauf pour cerains cas spéciaux, ce qu'il en a été des surchauffeurs : la haute température est un obstacle à la durée, au bon fonctionnement de ces sortes d'appareils.

Examinant la communication faite par M. Moreau, sur l'intéressant moteur de M. Niel, M. Casalonga fait remarquer que certaines données importantes n'y sont pas indiquées, notamment les diagrammes relevés et la température d'explosion.

Dans les résultats d'expériences publiés au compte rendu, le rendement mécanique est estimé à 75 ou 80°. Cette estimation doit résulter, suppose-t-il, de la résolution planimétrique du diagramme; et, si elle est fondée, elle constitue un réel avantage.

En effet, dans l'écart qui existe entre le travail indiqué et le travail effectif figure une valeur spéciale à laquelle M. Casalonga a cru pouvoir donner le nom de *déchet* du diagramme, et qui est généralement plus grande dans les moteurs à gaz que dans ceux à vapeur. Cette valeur porte principalement, peu après qu'elle a commencé, sur la détente, dont le travail indiqué est toujours sensiblement inférieur au travail réel.

Cette considération, qui paraîtra étrange au premier abord, bien qu'elle soit conforme aux vrais principes, est fondée sur cette proposition :

A un même diagramme peuvent correspondre diverses valeurs d'un travail extérieur, variant même entre des limites assez éloignées.

On est ainsi conduit à admettre que le rendement mécanique d'un moteur bien construit, bien entretenu, marchant sans chocs, diffère moins qu'on ne l'a admis, jusqu'ici, du travail *effectué* dans le cylindre. travail inférieur lui-même au travail *indiqué*.

Quant à la température de l'explosion, la connaissance de sa valeur eût introduit un précieux élément de comparaison et de contrôle, en per-

mettant de déterminer la valeur du *coefficient économique*, et de le comparer aux résultats obtenus.

Chacun sait qu'il n'existe pas, à l'heure actuelle, un auteur, traitant de moteurs thermiques, qui ne mette son travail sous l'invocation du signe sacro-saint :

$$\frac{T - t}{T}$$

Les conférenciers de ce soir sont peut-être les premiers qui s'en soient abstenus, et pourtant quelle belle occasion pour faire valoir les mérites des grands écarts de température !

Avec une compression préalable de 3 *kg*, la température de l'explosion, dans un moteur marchant dans les conditions de celui de Niel, même avec un mélange pauvre comme celui indiqué par M. Richard, de 1 à 10, doit s'élever, d'après M. A. Chauveau, à plus de 1 500°. Cela conduit à un rendement économique $\rho = \frac{T - t}{T} = \frac{1500 - 400}{1500} = 0{,}70$.

Et c'est un minimum, car la compression préalable est de 3,50 à 3,60 *kg*, le mélange peut être plus riche, et la température d'échappement peut aussi bien être comptée à 350°. Dans ces conditions la valeur de ρ atteindrait 0,80, soit trois à quatre fois plus que le rendement indiqué.

M. Casalonga voit ainsi, dans le moteur à gaz, plus encore que dans le moteur à vapeur, le démenti le plus formel infligé au coefficient économique ; et il s'étonne, une fois de plus, qu'un tel écart, quelques considérations que l'on fasse valoir en faveur d'un coefficient générique, tenant compte de l'action de parois ou d'une prétendue imperfection du cycle, ne suffise pas à montrer, aux techniciens, l'erreur à laquelle on est entraîné par la règle des températures extrêmes, laquelle voile et trouble toutes théories applicables aux machines thermiques : et c'est pourquoi il n'en existe pas encore d'exactes.

Au sujet de la déclaration de M. G. Richard, qu'il existe dans les moteurs à gaz, outre des phénomènes inexpliqués de variation de capacité calorifique, de dissociation du gaz, des pertes énormes au sujet desquelles on n'est pas bien renseigné, pertes qu'il propose de reprendre par un récupérateur, M. Casalonga ne partage pas l'opinion de son collègue ; il s'en excuse pourtant à l'avance, sachant combien M. G. Richard est maître en un tel sujet.

Il admet difficilement que la capacité calorifique du gaz puisse varier aux hautes températures, comme on l'admet généralement ; aucune considération philosophique ne l'explique, dès lors que la masse reste invariable et l'état physique du corps constant. En tous cas, les pertes constatées sont fatales, inévitables et pas si grandes, d'ailleurs, que le fait supposer la valeur démesurément exagérée du coefficient économique. Les rendements de 22 et 23 0/0 indiqués par M. Richard ne pourront guère s'élever davantage, parce que le rendement maximum théorique direct de tout moteur thermique ne peut dépasser celui qui résulte de la loi de Gay-Lussac, 30 0/0 au maximum maximorum.

Quant à la récupération, admettant même qu'elle soit réalisable, il ne croit pas à son efficacité, parce qu'elle diminuerait la densité du mélange aspiré et tendrait à augmenter la température supérieure T.

M. Aug. Moreau dit qu'il est étonné d'avoir été pris aussi vivement à partie par M. Richard, et cela d'autant plus qu'ils sont d'accord à peu près sur tous les points. Ce n'est pas surprenant d'ailleurs ; en dehors de l'expérience personnelle que M. Moreau a pu acquérir à l'Exposition de 1889 où il avait tous les moteurs à gaz sous sa direction, il a étudié la partie théorique et scientifique de cette question, en grande partie dans les excellents ouvrages de M. Richard sur la matière.

Cependant, M. Richard a avancé deux choses qu'il est impossible de laisser passer sans réponse.

D'abord, il a dit qu'on avait fait, dans une précédente communication, l'éloge du moteur Niel. C'est un peu exagéré : il a été présenté une étude d'ensemble sur les moteurs à gaz et, en particulier, sur le moteur Niel ; si peu à peu cette étude s'est transformée en éloge c'est que cela était dans la nature des choses et que cet éloge était absolument mérité ; avec cette réserve on peut accepter le mot éloge.

En second lieu, M. Richard n'a pas paru satisfait des conclusions en ce qui concerne la priorité des inventions de M. Beau de Rochas et il apporte un volumineux dossier touchant les procès d'Otto contre ses prétendus contrefacteurs.

Tout cela n'empêchera pas Otto d'avoir perdu partout, même dans son pays en Allemagne. Il n'y a qu'en Angleterre qu'on a pensé autrement et, il y a lieu de le répéter, cela est très surprenant.

Mais la question est bien tranchée aujourd'hui. Personne ne mettra, en effet, en doute la haute compétence et la parfaite honorabilité du Conseil de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale.

M. Richard lui-même en fait partie et il a dû y défendre ses idées. Or, en décembre 1890, ce Conseil a décerné une médaille d'or à M. Beau de Rochas pour le remarquable brevet-mémoire qu'il a pris en 1862, sur le moteur à gaz, spécialement pour l'*invention du cycle à quatre temps*, universellement adopté aujourd'hui. Il n'y a donc pas lieu d'insister davantage et cela doit trancher définitivement la question.

M. Aug. Moreau croit que toutes les conclusions anglaises ont été établies sur une erreur du début. Le brevet de Beau de Rochas fut bien déposé à la Bibliothèque nationale anglaise, mais pour un motif resté inconnu on oublia de le cataloguer. Quand on se mit à le chercher, on le trouva, paraît-il, au-dessus d'une armoire dans les combles. Si donc il avait été inscrit au catalogue comme cela aurait dû être fait, cela eût constitué une antériorité évidente, même avec cette singulière loi anglaise, et Otto aurait perdu là comme ailleurs.

M. le Président fait observer que M. G. Richard ne conteste pas la question de priorité du brevet, mais indique seulement, en réponse à une interrogation posée par M. Aug. Moreau, pourquoi Otto a gagné son procès en Angleterre.

M. D.-A. Casalonga demande à préciser la raison pourquoi la Compagnie des moteurs Otto a succombé en Allemagne et en France, et pas en Angleterre.

C'est que, dans ce dernier pays, une patente valable est accordée à

quiconque la demande le premier pour une invention non connue *dans le Royaume-Uni*, fût-elle parfaitement connue ailleurs, même publiée.

La brochure de Beau de Rochas, trouvée en Angleterre, après de minutieuses recherches, eût suffi pour détruire, dans ce pays, la nouveauté de l'invention de M. Otto: mais cette brochure, non inscrite au catalogue d'une bibliothèque, n'ayant pas été mise à la disposition du public, a, par ce fait, été considérée comme n'ayant pas existé en Angleterre, avant la demande de la patente de Otto.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. H. Bomert, L. Fernandez, L. Lefranc, E.-J. Clère, E. Thomine, Ch.-M.-D. Bazin, comme membres sociétaires, et de M. L.-G. Marion-Landais, comme membre associé.

MM. M.-M. Geny, E.-L. Martin, H. Matthyssens, M.-Ch. Mazoyer, J.-M. de Montgolfier, L.-J. Le Cocq d'Oliveira, sont reçus membres sociétaires, et M. Ch. Desouches, membre associé.

Du 2 au 16 octobre 1891, la Société a reçu :

32373 — De M. G. Bouscaren (M. de la S.). *Final Report to the Trustees of the Convington Reservoir* (in-8° de 172 p.). Cincinnati, 1891.

32374 — De MM. A. Chélu (M. de la S.) et Chaix. *Le Nil, le Soudan, l'Égypte* (grand in-8° de 507 p.). Paris, Chaix et Garnier, 1891.

32375 — De M. L. Rospendowski (M. de la S.). *Bielenie zarys rezwoju technicznej fabrykacyi* (in-8° de 39 p.). Warzawa, 1891.

32376 — De M. J.-W. Post (M. de la S.). *Le réseau des chemins de fer de l'État à Sumatra* (petit in-4° de 20 p. avec pl.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1891.

32377 et 32378 — De « l'United States and Geodetic Survey ». *Report of the Superintendant* (june 1889, part. I et II). Washington, 1891.

32379 — De M. A. Dumas. *Projet d'achèvement du Canal de Panama* (gr. in-8° de 115 p. avec pl.). Paris, E. Bernard et Cie, 1891.

32380 — Du Syndicat des Ingénieurs-conseils. *Fêtes du Centenaire de la loi de 1891 sur les brevets d'invention, célébrées les 25 et 26 mai 1891* (gr. in 8° de 23 p.). Paris, siège du Syndicat.

32381 — Du Comité des Forges de France. *Annuaire pour 1891* (pet. in-8° de 163 p.). Paris, siège du Comité, 1891.

32382 — De M. J. de Koning (M. de la S.). *Desséchement des polders; drainage et irrigation artificielle* (in-8° de 24 p.), 1891.

32383 — De M. P. Garnier (M. de la S.). *Rapport du Jury international sur l'Exposition universelle de 1889, Classe 26, Horlogerie. Rapport de M. P. Garnier.* Paris, Imprimerie Nationale, 1891.

32384 — De M. N. de Tedesco (M. de la S.). *Tables et graphiques pour le calcul des arches surbaissées en maçonnerie* (in-4° de 25 p. avec pl.). Paris, Baudry et Cie, 1891.

COMMUNICATIONS A L'ORDRE DU JOUR

Séance du 6 novembre.

Suite et fin de la discussion de *Paris Port de mer.*

Communication de M. Gustave Richard sur *La partie mécanique des moteurs à gaz et l'extension récente de ses applications.*

La séance commencera à huit heures et demie précises.

Séances ultérieures.

Communication de M. E. Cacheux sur *Le Sauvetage.*

Communication de M. G. Salomon sur *Les Echelles mobiles des salaires (Sliding Scales).*

Communication de M. D.-A. Casalonga sur *L'Ensemble des lois et règlements appliqués en Allemagne à la propriété industrielle.*

Communication de M. P. de Salis sur *Le Matériel agricole et spécialement sur les machines employées pour la culture des céréales.*

Discussion de la communication de M. Coste sur *Les Chemins de fer à voie étroite.*

Communication de M. P. Yankowski sur *La Résistance des terrains sablonneux aux charges verticales.*

Communication de M. G. Crugnola sur *Les grands Réservoirs ou lacs artificiels (Analyse par M. Coignet).*

Communication de MM. E. Watel et J. Massignon sur de *Nouveaux Procédés d'extraction des huiles par les dissolvants.*

AVIS

Les Membres de la Société qui n'ont pas encore acquitté leurs cotisations annuelles pour 1890 et 1891 sont instamment priés d'en envoyer le montant au siège social, 10, cité Rougemont. MM. les sociétaires voudront bien assurer bon accueil à la présentation des récépissés mis actuellement en recouvrement, pour le paiement des cotisations arriérées qui ne seraient pas parvenues à bref délai.

La Caisse est ouverte de 9 h. 1/2 à midi et de 2 h. à 5 h.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 23296-10-91.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

NOVEMBRE 1891

N° 5

Sommaire des séances du mois de novembre 1891 :

1° *Décès* de MM. Ch. Debié, T.-A. de Hennaü, A. Martenot, Ch. Vial et S.-P.-M. Souhart (Séances des 6 et 20 novembre), pages 481 et 486 ;

2° *Décoration* (Séance du 6 novembre), page 481 ;

3° *Concours avec prix, ouvert par la Société des Eaux de la Dranse (Suisse), pour l'utilisation d'une chute d'eau avec installation électrique* (Séance du 6 novembre), page 481 ;

4° *Paris port de mer (Suite et fin de la discussion de)*, lettre de M. Bouquet de la Grye, et *Observations* de MM. L. Vauthier, R. Le Brun, E. Badois, Edmond Roy, A. de Bovet, J. Fleury et J. de Coëne (Séance du 6 novembre), pages 481 et suivantes ;

5° *Voyage en Hollande (Compte rendu et photographies du)*, (Séance du 20 novembre), page 486 ;

6° *Commission technique nommée pour formuler les règles uniformes à adopter dans l'essai des matériaux de construction et de déterminer les unités à prendre comme termes de comparaison* (Membres de la Société désignés par M. le Ministre des Travaux publics pour faire partie de la) (Séance du 20 novembre), page 486 ;

7° *Régénérateurs de vapeur et les surchauffeurs*, par M. D.-A. Casalonga, *Observation* de M. Thareau (Séance du 20 novembre), page 487 ;

8° *Moteurs à gaz et l'extension récente de leurs applications (la partie mécanique des)*, par M. Gustave Richard (Séance du 20 novembre), page 487 ;

9° *Le Sauvetage*, par M. E. Cacheux et *Observations* de MM. G. Salomon, E. Polonceau et E. Level (Séance du 20 novembre), page 500.

Pendant le mois de novembre 1891, la Société a reçu :

32385 — De M. N. de Landtsher. *La Vérité sur la ramie* (in-8° de 30 p.). 1891.

32386 — De M. A. Mallet (M. de la S.). *Théorie générale des effets dynamiques de la chaleur* (petit in-4° de 212 p. et 1 pl.) par F. Reech. Paris, Mallet-Bachelier, 1854.

32387 — De M. F. Arbey (M. de la S.). *Scieries et machines-outils pour travailler le bois* (album in 4° de 188 p.). Paris, *Echo Forestier*, 1891.

32388 — De Master Car Builders Association. *Report of the Proceedings, 1891*. Chicago, 1891.

32389 — De la Société industrielle de Mulhouse. *Lois allemandes sur les brevets d'invention (7 avril 1891) et sur les modèles de fabrication (1er juin 1891) mises en vigueur le 1er octobre 1891* (gr. in-8° de 16 p.). Mulhouse, Veuve Bader et Cie, 1891.

32390 — De M. Geo Hughes. *Fourth Annual Report of the Bard of Public Works City of Duluth. Minn.* (in-8°). Duluth. Minn., 1891.

32391 — De la Société anonyme d'éclairage électrique du secteur de la place Clichy. *Étude sur les tramways électriques dans les grandes villes* (in-8° de 32 p.). Paris, A. Hennuyer, 1891, par Hugo Kœstler.

32392 — De M. J. Forrest. *Minutes of Proceedings of the Institution of civil Engineers, (vol. CVI, Part. IV)*, 1890-1891.

32393 — Du Même. *Brief Subject Index (vol. LIX, to CVI), sessions 1879-1880, to* 1890-1891.

32394 — Du Même. *Engineering Education in the British Dominions* (in-8° de 76 p.). London, 1891.

32395 — De M. F.-B. de Mas. *Recherches expérimentales sur le matériel de la batellerie* (in-4° de 37 p. et 10 pl.). Paris, Imprimerie Nationale, 1891.

32396 — De la Direction générale des Douanes. *Tableau général des mouvements du cabotage pendant l'année 1890*. Paris, Imprimerie Nationale, 1891.

32397 à 32420 — De M. G. Richard. *Procédure suivie en Allemagne, en France, et en Angleterre dans les procès intentés par M. Otto, constructeur de moteurs à gaz*, recueil de 24 brochures (formats in-4° et in-8°). 1885 à 1888.

32421 — De M. F. Blum. *Album national de la fabrique et de l'industrie. Guide de l'acheteur et du commerce, 1891* (in-folio). Paris, H. Lutier, 1891.

32422 — De la Société technique de l'industrie du gaz en France. *Compte rendu du 18e Congrès, tenu les 16 et 17 juin 1891, à Paris* (in-8°). Paris, Société anonyme de publications périodiques, 1891.

32423 — De l'" Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland". *Transactions (vol. XXXIV), sessions 1890-1891.* Glasgow, 1891.

32424 — De M. A. Witz. *Traité théorique et pratique des moteurs à gaz* (in-12 de 326 p.). Paris, E. Bernard et Cie, 1891.

32425 — Du Même. *Étude sur les moteurs à gaz tonnant* (in-12 de 71 p. et 1 pl.). Paris, Gauthier-Villars, 1891.

32426 — Du Même. *Les Moteurs à gaz de grande puissance. Moteur Simplex* (petit in-4° de 5 p.). Paris, G. Chamerot, 1891.

32427 — Du Même. *Théorie des machines thermiques* (petit in-8° de 34 p.). Paris, G. Chamerot, 1890.

32428 — Du Même. *Rendement photogénique des foyers de lumière* (petit in-4° de 3 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1891.

32429 — De M. R. Le Brun (M. de la S.). *The Worthinghton Steam Pumping Engine* (in-8° de 150 p.), 1886.

32430 à 32456 Du Même. *Renseignements statistiques sur le Canada* (29 brochures in-8°).

32457 — De la Société d'Encouragement. *Notice nécrologique sur Gustave Adolphe Hirn* (petit in-4° de 12 p.). Paris, Chamerot, 1891.

32458 — De M. H. Chapman (M. de la S.). *Railways returns for England and Wales, Scotland and Ireland for the year 1890* (in-4° de 92 p.). London 1891.

32459 — De M. J. de Coëne (M. de la S.). *Mémoire sur l'organisation des Associations pour prévenir les accidents du travail* (grand in-8° de 63 p.). Rouen, J. Lecerf, 1891.

32460 — De M. Debray. *Laboratoires de l'École nationale des Ponts et Chaussées* (in-4° de 44 p. et 14 pl.). Paris, Imprimerie Nationale, 1891.

32461 — Du Ministère des Travaux publics. *Statistique de la navigation intérieure pour 1890.* Paris, Imprimerie Nationale, 1891.

32462 et 32463 — De MM. G. Dumont (M. de la S.) et G. Baignières. *Les signaux des chemins de fer à l'Exposition universelle de 1889* (grand in-8° de 92 p. et 27 pl.). Paris, E. Bernard et Cie, 1891.

32464 — De la Scuola d'applicazione pergl' Ingegneri in Roma. *Annuario per l'ano scolastico 1891-1892.* Roma, 1891.

32465 et 32466 — De MM. Lévy et Vigreux (M. de la S.). *Projet combiné pour l'aménagement des forces hydrauliques du Niagara et leur transmission à distance au moyen de l'électricité* (in-4° autogr. et atlas 1/2 grand aigle, en français et en anglais), Paris, Derval et Braun, 1890.

32467 — De M. A. Picard. *Rapport général sur l'Exposition universelle de 1889 à Paris (tome IV)*. Paris, Imprimerie Nationale, 1891.

32468 — De M. J. Tideman. *Ontvangst van de leden der Société des Ingénieurs Civils de France door de leden van het Koninlijk Instituut van Ingenieurs* et une photographie (grand in-8° de 35 p.).

*32469 — De M. A. Hallopeau (M. de la S.). *Bas-relief de la Chambre des Députés. Les Etats-Généraux, 28 juin 1789. Bronze colossal fonduc à cire perdue d'un seul jet* (in-4° de 12 p. et 1 pl.). Paris, *Génie Civil*, 1891.

32470 — De M. le Ministre du Commerce. *Annuaire statistique de la France pour 1891*. Paris, Imprimerie Nationale.

32471 — De M. A. Béthouart (M. de la S.). *Mouture du blé. Appareils de blutage et de sassage. Bluteries planes et multiples à plateaux et à tamis* (in-8° de 16 p.). Chartres, Garnier, 1892.

32472 — De M. A. Mallet (M. de la S.). *Chemin de fer du Jura-Simplon. Traversée du Simplon. I Rapport sur les études 1890-1891, avec devis; II Plan financier pour la réalisation des fonds nécessaires, août 1891* (petit in-4° de 42 p.). Berne, R. Staempli et C^ie^, 1891.

32473 — De M. E. Cacheux (M. de la S.). *L'Apprenti nageur*, par D. Louvet (in-8° de 8 p.). Paris, A. Ghio, 1879.

32474 — Du même. *Annuaire de la Société centrale de sauvetage des naufragés pour 1891* (in-12). Paris, P. Mouillot.

32475 et 32476 — Du même. *Annual Report of the operation of the United States' Life Saving Service for year 1887 and 1888* (in-8°), Washington.

Les membres nouvellement admis pendant le mois de novembre 1891. sont :

Comme membres sociétaires, MM. :

Ch.-M.-D. Bazin,	présenté par MM.	Baudoux-Chesnon, Mallet, Rey.
H. Bomert,	—	Delaunay, Maire, Biarez.
A. Centner,	—	Olivier, Joubert, Miet.
E.-M.-Ch.-J. Clère,	—	Combes, E. Stilmant, Taconnet.
A. Dumas,	—	Bertrand de Fontviolant, Forest. de Nansouty.
L. Fernandez,	—	Salazar, de Dax, Mallet.
D.-P. Julliot,	—	Ventre-Bey, Guigon-Bey, L. Joubert.
L. Lefranc.	—	Vivien, de Dax, Tardieu.
E.-E. Marchand,	—	Ventre-Bey, Guigon-Bey, L. Joubert.
E. Thomine,	—	Polonceau, Jousselin, Camus.

Comme membre associé, M. :

L. G. Marion Landais, présenté par MM. de Nansouty, Chalon, Liottier.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE NOVEMBRE 1891

Séance du 6 Novembre 1891.

PRÉSIDENCE DE M. E. POLONCEAU.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de MM. Ch. Debié, T.-A. de Hennaü, A. Martenot et Ch. Vial.

Il annonce ensuite que M. Ventre-Bey a été nommé commandeur de l'ordre impérial de l' « Osmanieh ».

Il est donné lecture d'une lettre de M. E. Dollfus indiquant qu'un concours, avec prix, est ouvert par la Société des eaux de la Dranse (Suisse), pour l'utilisation d'une chute d'eau avec installations électriques. Le programme est déposé au Secrétariat.

M. LE SECRÉTAIRE donne lecture d'une lettre de M. Bouquet de la Grye, qu'une indisposition empêche d'assister à la séance. Elle est ainsi conçue :

« MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

» Je ne puis pas assister ce soir à la réunion de la Société des Ingénieurs civils, mais je ne veux pas laisser supposer que les critiques émises dans la séance du 2 octobre contre le projet de Paris port de mer soient nouvelles ou n'aient pas été complètement réfutées d'avance dans les diverses brochures publiées depuis cinq ans par notre comité d'études.

» Le service de la navigation de la Seine, hostile à une œuvre due à l'initiative privée, a pendant de longs mois cherché toutes les raisons qui pouvaient être invoquées contre un projet qu'il se réservait de réaliser à son heure.

» On reprend à Rouen et à la Société des Ingénieurs civils toutes ces critiques, toutes tombées devant un examen impartial des faits, et la conclusion ne peut être différente de celle donnée par la commission départementale de la Seine, qui comptait dans son sein quatre ins-

» pecteurs généraux (dont trois appartenant au corps des Ponts et » chaussées), et le président de la Chambre de commerce de Paris.

» Or cette commission, à l'unanimité, a approuvé le projet de Paris » port de mer tel que je l'ai présenté.

» Arrivons au détail des critiques dernièrement émises :

» 1° M. Roy et M. de Coëne ont contesté les prix que j'ai indiqués » pour les frets d'Anvers à divers ports étrangers.

» J'ai donné les prix officiels du mois de juin de cette année.

» La conclusion qu'en tire M. Roy est d'ailleurs inexacte.

» Voici sa phrase : « D'après ces prix le fret de New-York en Europe « serait en moyenne de 3,60 *f* la tonne ; ce sont là des prix de fret « de marchandises prises comme lest telles que la houille. »

« Or j'ai dit que le ***fret moyen*** d'Anvers à New-York, la Nouvelle- » Orléans et Bombay était de 0,00093 *f* par tonneau et par kilomètre.

» En ce qui concerne New-York seul, le fret est un peu plus élevé » de 0,00104 *f*, ce qui donne par tonneau 6,80 *f*, c'est-à-dire presque le » double du chiffre auquel arrive M. Roy. Il y a eu évidemment là une » méprise due, peut-être, à ce que la distance en milles marins a été » prise pour la distance en kilomètres.

» 2° Dans la séance du 2 octobre, on a parlé à nouveau de l'assèchement » de la Normandie provoqué par un abaissement du niveau de la Seine. » Je pensais qu'il n'y avait pas lieu d'y revenir, l'exagération de la cri- » tique était par elle-même trop évidente.

» En ce qui concerne les ponts de Rouen, qui doivent s'ouvrir devant » les navires nous n'avons à invoquer que la loi, mais elle est formelle : » La marée monte au delà des ponts de Rouen : donc, quoi qu'on dise, ils » ont été construits sur le domaine maritime ; par suite sur une simple » mise en demeure ils doivent être démolis aux frais de ceux qui les ont » fait construire, et cela « sous peine d'amende arbitraire, et avec con- « fiscation des matériaux. »

« Telle est la loi et il n'y a aucune prescription pouvant être invoquée » contre elle.

» 3° A plusieurs reprises les ingénieurs comme M. Molinos ont invo- » qué l'exemple du canal de Manchester, dont les ponts sont surélevés, » mais toujours ils ont oublié de parler du pont canal qui doit s'ouvrir » devant les navires.

» 4° Arrivons aux questions économiques pourtant bien tranchées par » le rapporteur de la commission de la Seine.

» Nous avons fait de notre côté les calculs auxquels se livre M. Moli- » nos, nos conclusions sont différentes parce que nos bases appuyées » sur des faits le sont également.

» La batellerie dit qu'elle fait le transport à meilleur marché que le » navire : de quoi se plaint-elle alors ? Rouen prétend qu'il est le vrai » port de Paris : pourquoi réclame-t-il ?

» Est-ce que nous empêcherons l'un ou l'autre de fonctionner ?

» 5° M. Molinos dit qu'avec la vitesse moyenne des navires qui transi- » tent à Suez on irait de Paris à Rouen en vingt-six heures, y compris » le passage aux quatre écluses ; mais si le chiffre qu'il prend pour » durée de la traversée de l'isthme conduit à vingt-cinq heures (au lieu

» de vingt-six), il faut ajouter que la Seine n'est pas creusée dans le » sable du désert, que ses berges et son fond ne sont pas absolument » mobiles, par suite que la vitesse pourra être de 9 ou 10 *km* à l'heure » sans inconvénients, ce qui donne moins que les vingt-quatre heures » que nous avons assignées à la durée du trajet.

» 6° Plus loin M. Molinos dit que pour desservir l'intérêt de 150 mil- » lions de francs, il faut un revenu net de 9 millions, soit un intérêt » compté à 6 0/0.

» En réalité, il y a tout lieu de croire que les obligations seront pla- » cées à 4 0/0, et lorsque les actions auront un intérêt de 5 0/0 leur prix » de vente sera probablement double de celui de l'émission en raison de » l'augmentation prévue du trafic. Dans ces conditions, le revenu brut » devrait être de 9 millions de francs et correspondrait à un tonnage » d'entrée de 1 210 000 *t*, en ne comptant aucun produit accessoire.

» Nous pouvons mettre ce chiffre si réduit en présence soit du tonnage » actuel de la batellerie à la montée qui est d'environ 1 million de » tonnes, soit en présence du tonnage à l'entrée de Rouen qui est en » 1890 de 1 139 000 *t*, et nous demandons alors s'il y a lieu de parler du » tonnage de Marseille pour le port futur de Paris.

» Les armateurs que nous avons consultés déclarent bien que le mou- » vement de Paris dépassera toutes les prévisions, mais ce mouvement » fût-il restreint, les bénéfices de l'opération seront encore très grands.

» 7° Je croyais la question des tirants d'eau épuisée ; M. Molinos y » revient ; je le suivrai sur cet autre terrain, en faisant remarquer qu'il » n'y a pas lieu de comparer, à l'heure actuelle, le canal de Paris à » celui de Suez, mais bien aux ports de Bordeaux, de Rouen, de Ham- » bourg, de Newcastle, etc.

» Les navires à voyageurs, subventionnés, qui transitent à Suez ne » seront pas ceux que nous recevrons dans les premières années ; nous » n'avons donc pas à tenir compte de leur tirant d'eau.

» En ce qui concerne les aménagements du port de Paris, ils sont » prévus, non pour un commerce aussi grand que celui de Marseille — ce » qui serait ridicule au point de vue commercial — mais correspondant » au chiffre du tonnage que nous avons indiqué comme pouvant payer » l'intérêt du capital. Au fur et à mesure que le tonnage augmentera, on » allongera les warfs, et les actionnaires n'hésiteront pas alors à aug- » menter le capital par une émission d'obligations qui sera gagée d'a- » vance.

» Je finirai par une dernière réponse à M. de Coëne.

» La loi organique de la marine n'a rien à faire dans la question et » une taxe quelconque peut être mise sur le tonneau de jauge.

» Le défenseur des intérêts de la Basse-Seine dit qu'il vaudrait mieux » dépenser 700 millions à l'augmentation de notre marine nationale ; » je lui ferai remarquer qu'il ne s'agit pas ici d'une dépense faite par » l'État, mais bien d'une œuvre poursuivie par des particuliers à leurs » risques et périls, et ce fait n'est pas assez fréquent pour qu'il ne mérite » pas les encouragements de tous ceux qui s'intéressent à la prospérité » de notre pays.

» Agréez ..... »

M. le Président donne ensuite la parole à M. L. Vauthier qui expose les raisons pour lesquelles le projet de M. Bouquet de la Grye, sur *Paris port de mer* n'est pas, à son avis, réalisable. Sa communication sera insérée dans le *Bulletin*.

M. R. Le Brun répond au précédent orateur et indique que, d'après lui, les critiques dirigées contre le projet de M. Bouquet de la Grye ont été trop passionnées et ont dépassé le but. Ce projet, qui a occupé nombre d'hommes éminents, répond à un besoin, et il est utile d'examiner ce qu'il est possible de faire pour le rendre exécutable.

Le texte de cette communication sera aussi inséré au *Bulletin*.

M. E. Badois présente ensuite quelques considérations nouvelles sur ce sujet et réfute les arguments présentés par M. Bouquet de la Grye en réponse à ses précédentes observations. Cette réplique sera également insérée au *Bulletin*.

M. E. Roy rappelle que, dans une séance antérieure, il a critiqué les prix indiqués par M. Bouquet de la Grye au point de vue du fret et que le chiffre de 0,001 *f* cité par lui était en contradiction avec la réalité. Il n'est pas exact que le fret entre New-York et Le Havre soit de 5,50 *f*. Entre New-York et le Havre, le transport des blés se fait au minimum à 18 *f* la tonne et cela va même jusqu'à 23 *f*.

Si M. Bouquet de la Grye cite l'opinion de la Commission de la Seine, où il y avait quatre inspecteurs généraux favorables à son projet, il ne mentionne pas le rapport du Conseil des Ponts et Chaussées du mois de juillet de cette année, où l'on déclare que le projet est inadmissible et repoussé d'une manière absolue.

M. A. de Bovet se demande s'il y a intérêt à exécuter le projet de M. Bouquet de la Grye, reconnu exécutable par la Commission de la Seine. Il constate que dans les quatre séances de la Société consacrées à la discussion, il ne s'est trouvé qu'un membre pour défendre le projet, et encore M. Lebrun a déclaré lui-même dans ses conclusions qu'il était inexécutable, tel qu'il est actuellement conçu.

M. J. Fleury dit que si M. Lebrun est, en théorie, partisan de *Paris Port de mer*, il ne l'est pas en pratique. Si ce canal est abandonné depuis 55 ans, pourquoi le réclame-t-on aujourd'hui ? Ce qui se comprenait à cette époque n'a plus actuellement sa raison d'être. La batellerie fait les transports à bas prix et amène les marchandises au cœur de Paris ainsi que le chemin de fer de l'Ouest dont les tarifs seront encore abaissés dans quelque temps.

En ce moment, ce projet sans utilité présente de nombreux inconvéniens pour les navires de mer; par conséquent il faut l'abandonner quels que soient le talent et l'intelligence de l'homme éminent qui l'a conçu et dont les vues se sont cette fois égarées.

M. J. de Coene croit devoir faire remarquer, en réponse à la lettre de M. Bouquet de la Grye, que la Commission d'enquête du département de la Seine pour avoir toute autorité aurait dû être composée de négociants, de propriétaires, d'armateurs; or elle était formée, en majorité,

de fonctionnaires ou d'intéressés, et présidée par le directeur des travaux de la ville de Paris.

Or, l'autorité des résolutions prises par des personnes appelées à juger une question est fort amoindrie lorsque leur indépendance n'est pas complète. C'est ce qui est arrivé, puisqu'elles n'ont pas été choisies en conformité de l'article 4 de l'ordonnance de 1834.

Il ajoute qu'au point de vue économique le projet n'est pas viable. puisque les dépenses ne sont pas couvertes par les recettes.

Les taxes pour les navires de mer ne doivent jamais être perçues sur les navires à la sortie, car on arrive ainsi à frapper les marchandises à l'exportation. Aussi M. Bouquet de la Grye en frappant une taxe de 3 *f* à l'entrée et une taxe de 3 *f* à la sortie a commis une faute grave. Du moment où la recette à la sortie disparaît, le projet devient irréalisable.

Il rappelle que, en ce moment, ce que l'on recherche, c'est l'approfondissement de la Seine jusqu'à Rouen de manière à y recevoir les grands navires. Si les navires à voiles n'y viennent pas en grand nombre, c'est qu'ils exigent de grands tirants d'eau.

Le navire à voiles à fond plat n'existe pas, pas plus que l'on n'a encore trouvé le moyen d'abattre la mâture des navires; il faut donc de grandes profondeurs et des débouchés de 42 *m* de hauteur libre sous les ponts comme le demande M. Bouquet de la Grye au projet soumis à l'enquête.

Or ces obligations entraînent à de grandes dépenses et M. Molinos, en rappelant la dépense de 13 millions sterling exigée pour le canal de Manchester de 57 *km* de longueur, arrive au chiffre de 6 millions par kilomètre, ce qui pour la distance de Rouen à Paris demandera plus de 1 milliard.

M. de Coëne, n'est pas l'adversaire, quand même, de Paris Port de mer, mais il faut d'abord améliorer la Seine de la mer à Rouen. C'est lorsque ce travail sera achevé que l'on pourra songer, s'il y a lieu, à faire remonter les navires de Rouen à Paris. Lorsque l'on a construit le chemin de fer de Paris au Havre, n'a-t-on pas commencé par la ligne de Paris-Rouen, puis on a achevé la ligne de Rouen au Havre ?

Pour l'amélioration de la Seine il faut prendre à l'inverse.

M. de Coëne fait aussi remarquer que pour comparer les trafics des ports. le plus sûr moyen n'est pas de comparer les poids, mais la capacité des navires.

Il termine enfin en disant que dans tous les ports du Nord on proteste contre le préjudice que porterait à l'intérêt général l'exécution de Paris Port de mer, avant d'avoir achevé l'amélioration des ports déjà existants.

M. le Président croit utile de terminer cette discussion en appelant l'attention de la Société sur la question des transports par chemins de fer. L'abaissement des tarifs joue un grand rôle: plus on abaissera les tarifs, tout en les maintenant dans des limites raisonnables, plus on augmentera le trafic d'une ligne, et plus on diminuera en même temps les frais généraux. Par ce moyen on arrivera aux transports à bon marché. Quand il s'agit d'une question d'intérêt public, il faut voir, non seulement si le projet est réalisable, mais encore s'il est raisonnable d'y consacrer les épargnes du pays. Avant de créer Paris Port de mer, ne vaudrait-il pas

mieux améliorer les cours d'eau, les rivières, pour mettre le pays à l'abri des inondations qui causent de si fréquents désastres?

M. LE PRÉSIDENT déclare close la discussion sur *Paris Port de mer*.

Vu l'heure avancée, la communication de M. G. Richard sur *La Partie mécanique des moteurs à gaz et l'extension récente de ses applications* est renvoyée à une séance ultérieure.

La séance est levée à onze heures un quart.

Séance du 30 Novembre 1891.

PRÉSIDENCE DE M. E. POLONCEAU.

La séance est ouverte à huit heures et demie.
Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de M. S.-P.-M. Souhart.

Il annonce qu'au nombre des ouvrages reçus se trouve le « Bulletin de l'Institut royal des Ingénieurs Néerlandais » contenant le compte rendu du voyage en Hollande, ainsi que la photographie des membres de la Société qui y ont pris part. Cette photographie est à la disposition de ceux qui la désirent au prix de 2,60 *f*.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer que la Société est largement représentée dans la Commission technique que vient de nommer M. le Ministre des Travaux publics (*Officiel* du 19 novembre 1891), avec mission de formuler les règles uniformes à adopter dans l'essai des matériaux de construction et de déterminer les unités à prendre comme terme de comparaison. Les membres de la Société qui en font partie sont:

A. — *Section des métaux.*

MM. L. BACLÉ.
J. BARBA.
E. BERTRAND DE FONTVIOLANT.
P. BODIN.
L. BOUR.
A. BRUSTLEIN.
P. CHALMETON.
V. CONTAMIN.
L. DEHARME.
L. DURANT.
A. HALLOPEAU.
MM. L. JAMBILLE.
L. DE JOANNIS.
S. JORDAN.
F. OSMOND.
S. PÉRISSÉ.
E. PIERRON.
E. POLONCEAU.
A. POURCEL.
L. SALOMON.
M. SVILOKOSSITCH.
A. TRESCA.

B. — *Section des matériaux de construction autres que les métaux.*

MM. J. BOURDAIS.
A. BRÜLL.
E. CANDLOT.
MM. ED. COIGNET.
H. DELANNEY.
E. TRÉLAT.

M. G. Tharnau demande à présenter une observation relativement au procès-verbal de la séance du 16 octobre dernier, en ce qui concerne les indications données par MM. G. Richard et D.-A. Casalonga sur les régénérateurs de vapeur et les surchauffeurs.

Il dit qu'il existe aujourd'hui des surchauffeurs donnant de bons résultats.

M. Gustave Richard a ensuite la parole pour sa communication sur *la partie mécanique des moteurs à gaz et l'extension récente de leurs applications.*

Messieur, j'ai eu l'honneur de vous entretenir, dans notre séance du 16 octobre dernier, des principales particularités thermiques des moteurs à gaz ; je me propose de passer aujourd'hui rapidement en revue les principales particularités mécaniques de ces moteurs : leur *allumage*, leur *régularisation*, leur *distribution*, et de vous dire aussi quelques mots des moteurs à pétrole et de l'application des moteurs à gaz aux grandes forces.

Il est bien évident qu'un pareil sujet ne saurait être qu'effleuré dans cette communication, et qu'il me sera très difficile, sinon presque impossible d'éviter à ce résumé de la matière de tout un livre un aspect de nomenclature aride, affirmative et systématique. Je commencerai donc par faire appel à toute votre indulgence et par vous prier de vouloir bien excuser, en pensant au peu de temps dont je dispose, la façon forcément incomplète dont je vais traiter un sujet aussi important, délicat et multiple.

L'*allumage* est la fonction caractéristique des moteurs à gaz. Nous avons vu, dans notre dernière communication, qu'il devait se faire, autant que possible, dans l'axe du cylindre moteur, et nécessairement au point le plus riche du mélange hétérogène des moteurs à compression intérieure. C'est le seul moyen que l'on connaisse d'allumer sûrement, avec une petite flamme initiale, un mélange de teneur moyenne trop pauvre, et de ne pas s'obliger à chasser complètement les gaz brûlés par des mécanismes compliqués et coûteux, uniquement consacrés à cette expulsion tout à fait inutile en elle-même.

A côté de ce point tout à fait capital de la localisation de l'allumage dans la région la plus riche du mélange, vient se poser la question du moment de l'allumage, c'est-à-dire du moment de la course du piston auquel il convient d'ouvrir le cylindre moteur à l'allumage. L'expérience a démontré qu'il fallait en général avancer l'allumage, c'est-à-dire l'ouvrir au cylindre avant la fin de la compression, et cela d'autant plus que la flamme d'allumage est moins vive, moins puissante, le mélange plus pauvre et la marche du moteur plus rapide. De nombreuses expériences, celles de M. Davies notamment, sont venues confirmer et préciser ces indications de la pratique. Ces expériences ont prouvé que l'on avait avantage, avec des mélanges pauvres, à 1/12 environ, d'avancer l'allumage jusqu'à 1/7 de la course : la pression d'explosion montait de 6,30 *kg* à 10 *kg*, et celle de l'échappement tombait de 0,80 à 0,50 *kg*. Aussi, le principe de l'*avance à l'allumage* est-il presque universellement admis aujourd'hui, et beaucoup de machines sont pourvues de dispositifs permettant de régler cette avance au mieux du diagramme par un tâtonnement facile

et rapide. Je dois ajouter que, dans certains moteurs à compression tres élevée, on est parfois obligé, du moins d'après leurs constructeurs, de reculer l'allumage au lieu de l'avancer, afin d'éviter les chocs destructeurs dus à ces compressions exagérées, dont on ne saurait, il semble, mieux démontrer la parfaite inutilité pratique.

Nous avons vu aussi, dans notre précédente communication, l'intérêt qu'il y a de marcher avec des dosages les plus faibles possibles, c'est-à-dire de prolonger le plus possible la limite d'inflammabilité du mélange moteur, et que cette limite augmente, toutes choses égales, avec la température du cylindre et la compression; elle augmente aussi, avec la puissance de l'allumage, le volume ou la chaleur de sa flamme. Une flamme de grand volume allumera un mélange pauvre plus facilement que l'étincelle beaucoup plus vive d'une machine d'induction, inférieure elle-même, sous ce rapport, à la décharge électro-statique d'un condensateur. Une flamme puissante permet d'allumer et de brûler un mélange pauvre avec un mélange riche; et c'est bien ce qui se passe avec les mélanges hétérogènes allumés en leur région la plus riche.

Les différents dispositifs d'allumage devront, quels qu'ils soient, satisfaire à ces conditions thermiques essentielles pour tous les moteurs à compression qui ne chassent pas entièrement les gaz brûlés: pour les autres, une seule de ces conditions disparait: celle de la localisation au point le plus riche. J'ajouterai que l'on a essayé, mais sans résultat appréciable, de transporter, dans quelques moteurs à mélange homogène, l'allumage au milieu même des gaz comprimés, comme l'amorce dans une cartouche à percussion centrale.

Examinons maintenant les principales caractéristiques des diverses dispositions employées pour réaliser cet allumage au point du mélange et au moment de la course les plus favorables.

Ces moyens d'allumage peuvent se diviser en deux grandes classes: suivant que l'allumage s'opère par le contact direct du mélange gazeux comprimé avec une flamme ou une étincelle électrique, ou par le contact d'un corps porté à l'incandescence au moyen d'une flamme ou d'un courant électrique.

Les allumages à flamme directe sont de deux types: à transport de flamme sous pression et à rétrogradation de flamme.

L'allumage par *transport de flamme*, encore de beaucoup le plus répandu, a pour principe d'enflammer par un brûleur extérieur un certain volume d'un mélange d'air et de gaz, que l'on isole alors complètement dans une capacité mobile, ou poche d'allumage, mise ensuite en communication graduellement, par un petit canal d'équilibre, avec le mélange comprimé du cylindre. Ce mélange, qui pénètre dans la poche d'allumage par sa pression, communique ainsi à cette capacité pleine d'un gaz très chaud une pression égale à la sienne, et sans que la flamme puisse se propager de la poche au cylindre par l'orifice étranglé du canal d'équilibre. Dès que la pression est acquise, la poche d'allumage, transportée devant la lumière d'allumage du cylindre, communique facilement sa flamme au mélange comprimé qu'elle y rencontre. Il se produit en même temps dans la poche d'allumage, dès qu'elle s'ouvre en grand vers le cylindre, un phénomène accessoire, consistant

en une inflammation partielle du gaz environnant non brûlé, qui augmente la pression de la flamme en l'injectant dans le canal d'allumage; puis le mélange riche de ce canal, s'allumant à son tour, projette dans la masse du mélange moteur une flamme suffisamment énergique pour en assurer la combustion presque parfaite dans le temps extrêmement court d'une course motrice. C'est d'une accentuation de ce phénomène accessoire que dérivent la plupart des allumages par *injection de flamme;* mais ces allumages ne prennent tout leur développement et ne sont vraiment utiles que dans les machines à combustion continue, où ils se confondent parfois avec les organes mêmes de l'admission. On en rencontre de beaux exemples dans quelques machines à pétrole.

L'allumage par transport de flamme peut, bien entendu, s'adapter aux organes de distribution les plus divers, notamment aux robinets et aux tiroirs, mais on le rencontre principalement sur les machines à tiroir faisant soit l'allumage seul, soit à la fois l'allumage et l'admission du mélange.

On peut affirmer que cet allumage, dont il est d'ailleurs facile d'intensifier notablement l'action, satisfait, même sous sa forme la plus simple, à presque tous les cas de la pratique, avec des vitesses allant jusqu'à 300 tours et des compressions de 2 1/2 à 3 atmosphères. Une fois réglé, il ne se dérange plus jamais, part instantanément et n'exige aucun entretien coûteux.

On ne peut pas en dire autant de l'allumage par incandescence, du moins sous sa forme la plus répandue : l'*allumage par tube.*

Cet allumage n'est pas nouveau; on le retrouve sous une forme très pratique en l'espèce dans la machine de Siemens de 1860. Son principe est très simple; il consiste à mettre, au moment voulu, en contact avec le mélange actif l'intérieur d'un tube fermé à un bout et porté au rouge. Cette communication peut se faire de deux manières : automatiquement, par le refoulement des gaz dans le tube constamment ouvert au cylindre, ou mécaniquement. Dans le premier cas, le mélange actif comprimé pénètre dans le tube en y refoulant, à mesure de sa compression, les gaz brûlés qui s'y trouvent renfermés, jusqu'à ce qu'il accède, vers la fin de cette compression, à la zone incandescente du tube. On arrive bien à déterminer à peu près cet accès en munissant le tube d'une poche de réglage fermée par un bouchon à vis qui permet d'en faire varier à volonté le volume; mais l'allumage par tube ouvert, si simple en apparence, n'en reste pas moins incertain et d'un fonctionnement compliqué, car le volume du tube change avec son oxydation, et le moment de l'allumage varie non seulement avec le volume, mais encore avec la chaleur du tube, qui dépend de l'allure forcément un peu variable de la flamme qui le chauffe et aussi de l'allure du moteur; un passage à vide retarde le point d'allumage, plusieurs peuvent l'arrêter complètement.

Aussi, ne rencontre-t-on guère l'allumage par tube ouvert que sur quelques petites machines à grandes vitesses, pour lesquelles la régularité n'est pas essentielle : sur les grands moteurs, l'allumage par tube fermé, commandé par une soupape, un tiroir ou un robinet, est presque universellement préféré à l'allumage par tube ouvert.

Cette commande du tube peut être, elle-même, automatique ou des-

modromique, en ce sens que la soupape, par exemple, qui ouvre le tube au cylindre au moment de l'allumage peut fonctionner automatiquement, sous l'action seule de la compression, ou géométriquement, sous l'action d'un mécanisme précis. Il va de soi que la solution automatique n'est qu'une atténuation des irrégularités du tube ouvert, avec cette seule différence que l'on peut y faire le tube et sa poche de réglage pour ainsi dire trop grands, de manière que les gaz atteignent toujours sûrement la zone d'allumage presque dès l'ouverture de la soupape. On conçoit, au contraire, qu'en cet état du tube, la commande desmodromique permette de préciser absolument l'allumage. Quant aux organes de fermeture les plus souvent employés: ce sont les tiroirs et les soupapes. Les disques et les robinets, qui ne présentent, en général, que des inconvénients d'encombrement ou d'usure, ne se rencontrent presque jamais; en outre, lorsqu'on effectue par un même organe : un robinet, par exemple, l'admission du mélange et son allumage, on se prive d'un moyen de réglage précieux, qui consiste à pouvoir faire varier à volonté, indépendamment et d'une façon précise le moment de l'ouverture du tube. En réalité, la lutte reste actuellement circonscrite entre la soupape et le tiroir, et semble favorable aux soupapes ; non pas que les soupapes présentent, en elles-mêmes, un avantage quelconque sur les petits tiroirs d'allumage, mais surtout parce que la soupape se prête plus facilement que le tiroir à certaines solutions cinématiques parfois très élégantes et fort ingénieuses.

En tout cas, et quelle que soit la solution préférée pour la commande de l'allumage, il faut toujours s'efforcer d'en diminuer le plus possible la dépense en gaz et en renouvellement de tubes. On réduit au minimum la dépense de gaz en ne chauffant le tube qu'en une zone la plus réduite possible, par un brûleur de Bunsen à combustion parfaite, entouré d'une cheminée réfractaire qui empêche la dissipation de sa chaleur ; on prolonge la durée des tubes en rendant la flamme qui les chauffe tout à fait neutre, réductrice même, de manière à éviter le plus possible l'oxydation des tubes. On arrive ainsi à ne dépenser qu'environ 100 à 130 *l* par heure. Quant à la durée d'un tube en fer de 1 *mm* 1/2 à 2 *mm* d'épaisseur et de 7 à 15 *mm* de diamètre, elle varie extrêmement, et ne dépasse guère une centaine d'heures. Les tubes en platine, en certains alliages d'argent, en nickel même durent plus longtemps, mais pas assez pour justifier leur prix plus élevé.

Comparons maintenant les deux allumages : par tube et par transport de flamme.

L'allumage par tube convient mieux aux compressions très élevées, supérieures à 3 atmosphères, et aux très grandes vitesses : plus énergique et plus stable, il effectue plus sûrement l'allumage des gaz pauvres, et surtout celui des machines à pétrole. D'autre part, il ne fonctionne pas instantanément, coûte un certain entretien, et peut, ce qui n'arrive pour ainsi dire jamais avec un petit tiroir d'allumage par transport bien tenu, manquer tout à coup par l'explosion du tube et arrêter le moteur pendant quelques minutes dans des circonstances où tout arrêt est inadmissible. Nous en concluons que, pour les moteurs à gaz d'éclairage d'une certaine force, dans lesquels nous considérons comme nuisibles les

grandes compressions et les grandes vitesses, l'allumage par tube ne présente aucune supériorité pratique sur l'allumage par transport de flamme.

L'allumage par tube peut encore se présenter sous une autre forme, également très ancienne. Renversons le tube, tournons vers le cylindre son extrémité fermée et faisons-le d'un diamètre assez grand pour permettre de chauffer cette extrémité par une flamme intérieure; nous obtiendrons ainsi l'élément essentiel des ***allumages par capsules incandescentes.***

Enfin, chacun de ces allumages : par tube ou par capsule, peut, à la rigueur, en constituant ses organes d'une capacité calorifique suffisante et en les disposant dans une chambre suffisamment chaude, arriver à se maintenir incandescent par la chaleur seule des explosions. C'est la solution des ***allumages auto-incandescents***, réalisés en partie sur quelques moteurs à pétrole.

Mais l'allumage par incandescence n'est pas limité à ces deux solutions. Le tube et son dérivé immédiat, la capsule, sont des organes d'allumage fixes; on peut, au contraire, rendre l'organe d'allumeur mobile, comme celui d'un transport de flamme, en remplaçant le tube, par exemple, par une cage ou par un fil de platine portés au rouge par une flamme ou par l'électricité. Ces divers procédés, dont la pratique n'a pas démontré la supériorité, ne sont, en fait, que très rarement adoptés.

Il en est de même de l'***allumage électrique***, qui n'a guère de raison d'être qu'avec les moteurs à pétrole, et qui, même sous sa forme la plus simple, est toujours plus coûteux et plus délicat qu'un allumage au gaz.

Le principe de l'allumage par ***rétrogradation de flamme*** est très ingénieux. Imaginez un tube conique ouvert par son petit bout au cylindre moteur pendant la compression et par l'autre à l'atmosphère : la vitesse d'écoulement des gaz au travers de ce tube diminuera du cylindre moteur à l'atmosphère, de sorte qu'il se trouvera, dans ce tube convenablement évasé, un point tel que la vitesse d'écoulement y sera suffisamment réduite pour qu'une flamme allumée de l'extérieur s'y maintienne, mais sans pouvoir se propager jusqu'au cylindre tant que le tube reste ouvert à l'atmosphère. Dès, au contraire, que l'on fermera ce tube à sa base, la flamme, mise en équilibre de pression, rétrogradera vers le cylindre moteur et y déterminera l'allumage. La position de la tranche d'équilibre et la vitesse de rétrogradation de la flamme ne peuvent se déterminer que par l'expérience; elles varient avec la richesse du mélange et avec la compression; plus la compression est élevée, plus il faut augmenter l'évasement du cône, ou, plus généralement, la détente ou l'étranglement de l'orifice d'allumage. Cet allumage, qui peut revêtir les formes les plus diverses, se combiner notamment avec l'allumage par tubes, ne s'est guère répandu. Il ne présente pas d'avantages thermiques spéciaux, et ne constitue pas une simplification mécanique.

La seconde fonction très importante du mécanisme des moteurs à gaz est leur ***régularisation.***

Dans la machine à vapeur, le réglage s'opère en agissant soit sur la

pression de la vapeur soit sur sa détente ; on peut dire, qu'en général, dans le moteur à gaz, on agit en modifiant le dosage ou le volume du mélange admis.

Le procédé le plus simple et le plus généralement admis consiste à modifier le dosage du mélange en diminuant graduellement l'admission du gaz à mesure que la machine s'accélère, ou même en supprimant aussitôt et complètement cette admission ; cette dernière solution, parfaitement suffisante pour presque tous les cas de la pratique, est même, de beaucoup, la plus répandue. On passe d'ailleurs, cela se conçoit très bien, avec une grande facilité, et par des modifications cinématiques très simples, d'un mode de réglage à l'autre : de la suppression complète à la suppression graduelle du gaz, pourvu, bien entendu, que la disposition générale du moteur soit telle que cette substitution puisse s'opérer sans appauvrir en même temps le mélange aux environs de l'allumage.

On a proposé de compléter ces modes de régularisation de bien des manières, notamment soit en fermant complètement le cylindre dès que le moteur s'arrête, soit en laissant l'échappement complètement ouvert pendant toute la durée de la fermeture du gaz. Dans le premier cas, la charge admise au moteur s'y comprime, puis s'y détend alternativement jusqu'à la reprise de la vitesse normale, de sorte que le réglage est plus sensible, puisque le moteur est toujours prêt à repartir dès la première compression en vitesse de régime : en outre, on perd ainsi, pour la régularisation, le moins possible de la chaleur du cylindre. C'est aussi ce qui arrive dans le second cas, le cylindre se refroidissant moins vite au contact de l'échappement que par des admissions d'air froid. La pratique ne s'est pas encore suffisamment prononcée sur l'utilité de ces modifications obtenues à l'aide de mécanismes parfois extrêmement ingénieux et très simples.

Quant aux organes de la régularisation, ils sont, cela va de soi, les mêmes en principe que ceux de la machine à vapeur avec, toutefois, cette circonstance heureuse : que la petitesse de la soupape d'admission du gaz au distributeur et le peu de pression qu'elle supporte facilitent singulièrement la tâche du régulateur, dont la puissance est ainsi, sans l'intermédiaire d'aucun mécanisme de déclic, pratiquement indépendante de celle du moteur.

C'est à cette considération qu'il faut, je crois, attribuer en grande partie la rapidité avec laquelle s'est répandu l'emploi, pour les moteurs à gaz, d'un genre particulier de régulateurs connus sous le nom de *régulateurs d'inertie*. Ces régulateurs, dont la variété la plus simple et la plus élégante est constituée par les régulateurs-pendules se recommandent par une grande sensibilité et par la facilité avec laquelle ils s'adaptent aux solutions cinématiques les plus variées. Je n'insisterai pas davantage sur ces régulateurs, dont la discussion serait du domaine de la mécanique générale ; je me contenterai de vous faire remarquer l'inutilité de les compliquer de ressorts et de chocs, dont on peut se passer parfaitement, et auxquels il ne faut jamais recourir qu'en cas d'absolue nécessité, si légers que soient les chocs et si facilement que l'on puisse remplacer les ressorts. Il ne faut pas non plus, je crois, vouloir faire opérer à ces régulateurs d'autres fonctions que celle de la régularisation propre-

ment dite. Enfin, je ne conseillerai pas, dans les moteurs à gaz, l'emploi de régulateurs puissants, comme les régulateurs à air ou les régulateurs à force centrifuge directe montés sur l'arbre ou le volant : trop sensibles aux à-coups de la course motrice, ils sont lourds, coûteux, parfois dangereux, et leur puissance caractéristique est inutile pour la manœuvre d'une soupape à gaz.

La distribution doit accomplir, dans les moteurs à gaz, au moins trois fonctions : la préparation et l'admission du mélange actif d'air et de gaz, puis l'expulsion des gaz brûlés. Dans les moteurs à compression extérieure, ces fonctions se compliquent de celle de la mise en rapport de la pompe avec le cylindre moteur ; et, dans les deux genres de machines; on charge souvent l'organe d'admission de la totalité ou d'une partie de l'allumage ; mais, dans presque tous les grands moteurs, ces deux dernières fonctions sont absolument différenciées.

On retrouve comme organes de distribution, sur les moteurs à gaz, presque tous ceux des machines à vapeur ; et, là aussi, comme de beaucoup les plus répandus, les tiroirs et les soupapes avec, pour les grands moteurs, une prédominance incontestable en faveur des soupapes.

En réalité, sur les grands moteurs, à partir d'une dizaine de chevaux, l'on n'emploie plus guère le tiroir que pour l'allumage. Ce tiroir très petit, et dont les mouvements peuvent être extrêmement réduits, ne présente plus alors aucun des inconvénients que l'on reprochait aux énormes tiroirs qui accomplissaient jadis, dans les grands moteurs, toutes les fonctions de la distribution sauf l'échappement, et il offre l'avantage de se prêter parfaitement à l'allumage par transport de flamme, encore préféré dans bien des cas à l'allumage par tubes, pour les raisons développées plus haut.

Ce n'est pas à dire que les soupapes soient exemptes de tout inconvénient. Moins sensibles, sans doute, aux températures élevées des moteurs à gaz que les autres organes de distribution, elles n'y sont pas tout à fait insensibles. L'entretien d'une grande soupape de moteur à gaz est aussi difficile, sinon plus délicat que celui d'un tiroir de dimensions moyennes. Elles doivent être parfaitement ajustées. Le moindre gondolement du siège exige une retouche, le moindre encrassement un rodage : de là, la nécessité de les entourer d'une circulation d'eau abondante et spéciale et de les rendre parfaitement accessibles. Elles doivent battre franchement sur leurs sièges, tout en étant assez librement guidées pour ne pas coincer au moindre encrassement des tiges, qui doivent être, autant que possible, verticales.

Les soupapes se prêtent très facilement à un genre de distribution fréquemment essayé pour les moteurs à gaz, et des plus séduisants par son extrême simplicité apparente : je veux parler des distributions *automatiques*, où les mouvements des soupapes seraient déterminés entièrement par les pressions et les aspirations des gaz. Mais c'est là l'une des nombreuses simplifications théoriques dont il faut très soigneusement se méfier : on s'en rendra bien vite compte en réfléchissant à l'extrême sensibilité des dosages du mélange moteur, dont les moindres variations dans la tension du ressort de rappel d'une soupape automatique

d'admission d'air et de gaz, ainsi que la moindre augmentation passagère de son frottement suffisent pour modifier considérablement la composition. Cet inconvénient de principe, qui suffit pour condamner presque absolument, du moins dans les moteurs de quelque importance, l'emploi des soupapes automatiques pour l'admission simultanée de l'air et du gaz, s'atténue considérablement, il est vrai, mais sans disparaître entièrement si l'on borne l'automaticité au fonctionnement de la soupape d'admission de l'air ; et c'est sous cette forme seulement que l'on pourrait faire bénéficier les grands moteurs des simplifications de mécanisme auxquelles se prêtent les distributeurs automatiques.

Nous avons vu qu'à partir de certaines dimensions : 300 à 350 *mm* de long sur 100 à 150 *mm* de large environ, on cesse de faire exécuter aux tiroirs à la fois l'allumage, l'admission et la préparation du mélange. Tous les mécaniciens connaissent la difficulté de dresser au delà de certaines dimensions des surfaces parfaitement planes : en outre, dans les moteurs à gaz importants, ces grandes plaques, soumises à des dilatations diverses et plus ou moins contrariées, ne restent pas toujours parfaitement planes : de là, la nécessité de ne plus faire exécuter au tiroir, dans les grands moteurs, que la fonction de l'allumage. Mais, dans les moteurs de moyenne force, ces inconvénients cessent de se présenter avec la même gravité, et sont bien vite compensés par les qualités propres au tiroir, qui sont, outre la facilité de sa construction, la permanence relative de son étanchéité due à son usure de plan sur plan, et la faculté, favorable au graissage, de présenter à chaque course des surfaces de refroidissement considérables à l'air libre. Ce sont ces qualités qui font préférer les tiroirs aux distributeurs à piston, malgré la facilité de leur équilibrage, et surtout aux disques et aux robinets qui, n'étant pas plus équilibrés que le tiroir, ont forcément une tendance à s'user par facettes et, se trouvant enfermés dans leur boisseau, s'échauffent davantage. En fait, les seuls distributeurs appliqués sur l'immense majorité des moteurs à gaz sont les tiroirs et les soupapes, dans les conditions que je viens d'indiquer.

L'une des caractéristiques les plus fréquentes des moteurs à compression intérieure, qui donnent une course motrice tous les deux tours, c'est l'*arbre de distribution* tournant deux fois moins vite que le volant et commandant, comme son nom l'indique, les organes de la distribution. Cet arbre n'est pas indispensable ; on a proposé, pour le remplacer, bien des mécanismes, dont quelques-uns extrêmement ingénieux, mais sur lesquels la pratique ne s'est pas encore prononcée. Dans les petits moteurs, cet arbre ne présente, en réalité, aucun inconvénient et beaucoup d'avantages : mais, dans les grands moteurs à deux cylindres, sa commande centrale par un nid d'engrenages et l'inaccessibilité relative de ses cames et de son régulateur obligent presque à le dédoubler à partir d'une quinzaine de chevaux ; d'autant plus que cette disposition permet d'isoler après un accident le côté de la machine hors de service et de marcher tant bien que mal, en cas d'urgence, avec un seul cylindre et un seul arbre de distribution.

Il me resterait à vous dire bien des choses encore sur l'ensemble des

moteurs à gaz et leurs détails les plus importants, tels que le graissage par exemple; mais, outre que la plupart de ces détails relèvent en somme de la mécanique générale, le temps me presse, et j'ai hâte d'arriver au chapitre important des machines à pétrole. Je me bornerai à insister sur ce point, plus important peut-être en matière de moteurs à gaz qu'en toute autre, qu'il ne faut pas tout sacrifier ni au bon marché de la construction, ni même à l'économie du gaz; ne jamais oublier qu'un moteur à gaz est fait avant tout pour durer au moins quelques années, et souvent en des mains très inexpérimentées. Rien n'est plus facile que de faire un moteur à gaz plus léger, moins cher et même dépensant à l'essai moins de gaz que celui d'un bon constructeur soucieux de sa réputation : la difficulté c'est de le faire aussi économique en marche normale pendant plusieurs années. Nous avons vu aussi qu'il faut savoir distinguer soigneusement les simplifications réelles des simplifications qui ne sont qu'apparentes, comme, par exemple, l'automatisme des distributions; en outre, telle simplification permettant, il est vrai, de réduire le prix et l'encombrement du moteur, n'est pas toujours un perfectionnement nécessaire. Tel est, par exemple, le cas de la suppression des glissières et de la crosse de la tige du piston, presque universellement admise aujourd'hui, et que l'on ne devrait pourtant tolérer que si l'emplacement l'exige absolument.

Abordons maintenant, Messieurs, la question des *moteurs à pétrole*. Ces moteurs se divisent en deux grandes classes, suivant qu'ils utilisent seulement les pétroles rectifiés, ou gazolines de faibles densités (0,750 au plus), ou qu'ils peuvent utiliser en même temps les huiles brutes non rectifiées.

Le problème des moteurs à gazolines est actuellement tout à fait résolu : ce ne sont, en réalité, que des moteurs à gaz avec allumage électrique ou par tube, pourvus d'un carburateur presque toujours par aspiration, chauffé par une dérivation de l'eau de refroidissement ou de l'échappement du cylindre. Ces moteurs fonctionnent très régulièrement, avec des dépenses oscillant entre 500 et 700 *g* de gazoline par cheval-heure. On y rencontre bien des détails ingénieux, essentiels même à leur succès, mais sur lesquels je ne puis évidemment pas insister aujourd'hui.

Le problème des moteurs à pétroles bruts, c'est-à-dire celui des véritables moteurs à pétrole, n'est pas encore tout à fait résolu, et il est des plus difficiles en raison de la nature complexe et variable des huiles minérales. Les gazolines sont à peu près fixes, homogènes; à température invariable, leur volatilité l'est aussi, et telle qu'il suffit d'y faire barboter ou d'y tamiser convenablement l'air aspiré ou comprimé pour en assurer la carburation. Il en est tout autrement des huiles minérales lourdes non rectifiées. Ce sont des mélanges les plus hétérogènes possible d'une infinité de composés plus ou moins volatils, qui se fractionnent par distillation et vaporisation en produits de composition de tension et d'inflammabilité très différentes; de sorte qu'il serait absolument impossible d'en obtenir une carburation d'air le moins du monde utilisable par les procédés relativement simples employés avec les gazolines. Aussi, n'a-t-on guère proposé jusqu'ici, en dehors de la fabrica-

tion des gaz de pétrole dans un appareil indépendant du moteur, qu'un seul moyen véritablement efficace, et qui consiste, en principe, à pulvériser à chaque course motrice la dose de pétrole nécessaire, puis à volatiliser son mélange avec l'air pulvérisant dans un réchauffeur porté à une température de 300 à 500° par le gaz de l'échappement, la chaleur même de l'explosion, ou par une flamme extérieure. Comme l'injection de pétrole à chaque course est très faible. — environ 1 de pétrole liquide pour 12 000 à 13 000 fois son volume d'air, — on conçoit, qu'avec une composition moyenne à peu près constante de l'huile employée et un réglage établi en conséquence par tâtonnement, cette volatilisation énergique et rapide donne une carburation suffisamment parfaite et invariable pour assurer la marche d'un moteur.

Tel est *le principe* du mode de carburation adopté pour la plupart des moteurs à pétrole actuels : mais il va sans dire que les moyens d'application de ce principe diffèrent d'un moteur à l'autre par des variantes parfois des plus importantes.

Il est d'abord assez rare de voir appliquer ce principe dans toute sa généralité, sous la forme d'un pulvérisateur suivi d'un mélangeur puis d'un réchauffeur précédant le cylindre moteur ; le mélangeur est souvent supprimé, et le réchauffeur remplacé par une chambre de combustion isolée, que l'on chauffe, pour la mise en train, au moyen d'un éolipyle ou même par une partie du tuyau d'échappement fermé par un reniflard, et à la base duquel on aspire le mélange d'air et de pétrole au travers de la soupape d'admission, qui, dans ce cas, sert aussi à l'échappement. Les résultats donnés, aux essais, par des moteurs appliquant ces divers modes de carburation par injection et vaporisation sont à peu près équivalents, mais la pratique n'a pas encore définitivement indiqué quel en est, en réalité, le plus simple et le plus efficace à l'usage prolongé.

Les formes de pulvérisateurs les plus employées sont les pulvérisateurs a aiguille simples ou doubles, agissant par refoulement, et les éjecteurs à simple ou double nappe d'air, dont le cône, suspendu par un ressort, cède à l'aspiration du cylindre qui en règle ainsi automatiquement le débit suivant la vitesse du moteur. Les pompes d'injection, ordinairement soumises au régulateur, doivent avoir leurs pistons aussi libres que possible ; une solution ingénieuse, et qui répond parfaitement à ce desideratum, consiste à constituer la pompe par un tube de Bourdon alternativement comprimé puis détendu par un levier d'amplitude variable commandée par le régulateur.

Les deux allumages les plus répandus pour ces moteurs à pétroles bruts sont l'allumage électrique et surtout l'allumage par tube chauffé à l'éolipyle, souvent pourvu d'un dispositif permettant de le purger en le balayant par un courant d'air à chaque aspiration du cylindre. A côté de ces allumages, j'en signalerai deux autres : l'*allumage spontané* et l'*allumage continu*.

Dans certains moteurs à chambre de compression isolée, réfractaire ou pourvue d'ailettes intérieures, cette chambre qu'il faut, bien entendu, chauffer pour la mise en train soit par une lampe puissante, soit en lançant le moteur au moyen d'un allumage auxiliaire, cette chambre.

dis-je, se maintient bientôt, par la chaleur seule des explosions, à une température telle que le pétrole s'y allume dès son injection, laquelle s'effectue, en général, vivement vers la fin de la compression d'ailleurs assez élevée. Dans d'autres moteurs, l'injection s'opère vers la fin de l'aspiration, et c'est le mélange carburé qui s'enflamme spontanément dans une chambre de compression séparée du cylindre par un orifice égal au quart environ de son diamètre. Cette solution serait assurément des plus simples; elle aurait, dans certains essais du moteur *Akroyt*, parfaitement fonctionné, avec une consommation par cheval-heure effectif très faible : 430 *g* de pétrole schisteux de densité 0,840

Les moteurs à allumage continu se rapprochant du type à combustion sous pression constante ont été proposés depuis longtemps pour l'utilisation du pétrole sous des formes diverses, dont les plus heureuses sont constituées par les dispositifs de *Brayton* et de *Richards*. Dans la machine Brayton de 1890, qui est à compression extérieure, le mélange pulvérisé d'air comprimé et de pétrole arrive dans le cylindre moteur au droit d'une grosse mèche à tamis métallique alimentée par une injection spéciale d'air carburé sous pression, et qui brûle constamment. Le principe du fonctionnement des moteurs *Richards* est le même que celui du moteur Brayton, mais c'est au travers de l'allumeur même, épanoui sur tout le fond du cylindre, que se tamise le mélange pulvérisé d'air comprimé et de pétrole, de sorte que l'impulsion motrice se trouve déterminée par un véritable renforcement de la flamme d'allumage. Ces deux moteurs fonctionnent en assez grand nombre aux États-Unis, atteignant jusqu'à des forces de 50 *ch*, et, paraît-il, avec une marche extrêmement douce. C'est d'ailleurs par leur grande douceur de fonctionnement que se caractérisent, en principe, les moteurs à combustion sous pression constante; et c'est cet avantage qui permet d'espérer pouvoir arriver peut-être, en les combinant avec un bon régénérateur, à réaliser ainsi des moteurs à gaz ou à pétrole d'une force presque illimitée et d'une durée comparable à celle des machines à vapeur.

Aussi, les tentatives d'application des régénérateurs aux moteurs à pétrole sont-elles, comme pour les machines à gaz, déjà nombreuses et ardemment poursuivies : malheureusement, elles ont jusqu'ici échoué devant les difficultés que je vous ai indiquées dans ma première communication. Je ne puis que vous signaler comme très ingénieux les moteurs à régénérateurs pour huiles lourdes et goudrons de gaz de *Hargreaves* et d'*Atkinson*, encore, je crois, dans leur période d'essai.

En résumé, ce qui domine infiniment, pour les moteurs à pétrole comme pour les moteurs à gazoline, c'est l'emploi de la combinaison fondamentale du cycle à quatre temps avec la conservation des produits de l'explosion motrice, combinaison caractéristique, comme vous le savez, de l'immense majorité des moteurs à gaz. A cette combinaison vient s'ajouter, pour les moteurs à pétroles bruts, l'application du principe de la carburation par vaporisateur-pulvérisateur, presque universellement adopté sous diverses formes, et notamment, sous sa forme la plus complète, dans le moteur *Priestman*, qui est actuellement l'un des plus répandus, et qui donne, mais avec une pratique plus étendue, des résultats analogues à ceux du moteur Akroyd à allumage spontané;

c'est-à-dire, qu'il marche avec des consommations, par cheval-heure effectif, de 0,600 *l* environ d'huiles minérales de densité allant jusqu'à 0,840.

D'après une étude comparée de M. *Unwin*, la dépense de ces moteurs à pétroles bruts serait supérieure à celle des Otto au Dowson et même au gaz (au taux de 0,620 m^3 à 0,12 *f* le mètre cube par cheval effectif), mais notablement inférieure à celle des moteurs à vapeur de même force (5 à 10 *ch.*); aussi, leurs applications se sont-elles fort étendues, surtout en Angleterre, partout où le gaz fait défaut, même à l'intérieur de certaines mines et pour le service de petits bateaux, ainsi que pour celui des phares et des sirènes. Il paraît certain qu'un bon moteur à huiles minérales brutes trouverait en France, où le gaz et le charbon sont plus chers qu'en Angleterre, et où les pétroles raffinés sont frappés de droits très onéreux des applications encore plus nombreuses.

Je n'ai, Messieurs, rien ou presque rien à vous dire au sujet des *moteurs à gaz pauvres* après l'exposé si intéressant que M. Lencauchez vous a fait de cette importante question : ce n'est plus, en effet, une affaire de moteur à gaz; de ce côté, le problème paraît tout à fait résolu. Le progrès de cette application des moteurs a gaz semble dépendre surtout, jusqu'aux forces d'une centaine de chevaux actuellement atteintes par les moteurs, des perfectionnements du gazogène, et nul ne pouvait mieux traiter de cette matière que M. Lencauchez, l'un des plus ingénieux, comme vous le savez, parmi les artisans de ce progrès.

Je ne puis que m'associer entièrement aux observations que M. Lencauchez vous a présentées au sujet de l'absurdité, je dirai même de l'iniquité des prix administratifs auxquels la population parisienne est obligée de payer une force motrice aussi essentielle pour son industrie que celle du gaz. C'est là un état de choses presque honteux, qui ne peut durer plus longtemps sous peine de se terminer soit par une solution violente, et par conséquent déplorable, ou par l'épuisement non moins fâcheux d'industries des plus intéressantes, essentiellement parisiennes, et définitivement écrasées par l'obligation de payer leur force motrice trois fois plus cher qu'à l'étranger.

Je ne puis aussi qu'approuver ce que vous a dit M. Lencauchez relativement à la supériorité du gaz comme moyen de distribution de la force motrice, surtout si on le compare à *l'air comprimé*. Et cela est tellement vrai, en dehors même des considérations générales que vous a fait valoir M. Lencauchez, que le meilleur moyen d'utiliser cet air comprimé, ce serait de l'employer dans un moteur à gaz. Que fait-on en effet, aujourd'hui? On n'amène pas, comme vous le savez, l'air comprimé directement à son moteur; pour ne pas tout geler, on l'échauffe au préalable avec du gaz, dans un poêle dont le rendement, si beau qu'il soit, est assurément inférieur à celui que donnerait, en force motrice, la combustion de ce gaz dans le cylindre même du moteur. Et qu'est-ce que l'on obtiendrait avec cette solution plus économique, sinon, en fait, un très mauvais moteur à gaz à compression extérieure? Je dis très mauvais, parce que cette compression extérieure y serait faite

à des prix et sous un rendement déplorables, par la canalisation d'air. Est-ce la peine d'établir une immense canalisation d'air. cinq ou six fois plus volumineuse que la canalisation correspondante du gaz, dans le seul espoir d'aboutir, comme maximum d'économie, au remplacement des moteurs à gaz actuels à compression intérieure par des machines à compression extérieure du type le plus défectueux possible, pour la seule satisfaction d'accumuler dans des canalisations extrêmement coûteuses, et avec un rendement de 60 0/0 à peine, une compression d'air que le piston même du moteur ou celui de sa pompe réalisent sans frais, et avec un rendement presque parfait ? C'est pourtant à cela, Messieurs, qu'aboutit logiquement, il me semble, la critique générale d'un système de distribution de force motrice par l'air comprimé dans une ville déjà pourvue d'une canalisation de gaz.

Je terminerai, Messieurs, cette communication déjà trop longue par un mot sur les *applications des moteurs à gaz aux grandes forces.* Ces applications se font aujourd'hui sur une très grande échelle ; il suffit de citer, comme exemples, celles d'une filature de Newtown — 400 chevaux, — de la papeterie de Spicer, à Godalming — 2 moteurs à 2 cylindres de 100 chevaux chacun, — des usines d'Armstrong — 240 chevaux, — toutes en moteurs Otto-Crossly au Dowson. On compte aujourd'hui par dizaines les installations d'éclairages électriques de 100 à 300 chevaux. en unités motrices de 50 à 60 chevaux à deux cylindres faisant, pendant des saisons entières, leur service de dix à douze heures consécutives à pleine force avec autant de sécurité et de régularité que les meilleures machines à vapeur. On sait que, pendant toute la durée de l'Exposition universelle de 1889, les moteurs Otto ont, à eux seuls, divisés en unités de 25, 50 et 100 chevaux, fourni près de 300 chevaux à l'éclairage électrique, sans une seule interruption, continuellement et en service régulier. On peut donc absolument affirmer aujourd'hui que des moteurs à gaz allant jusqu'à 50, 60 et même 100 chevaux, à deux cylindres, peuvent s'employer en toute sécurité avec une économie thermique supérieure à celle des machines à vapeur. Reste la question de la durée de ces gros moteurs qui, sans être définitivement tranchée, ne paraît pas leur être, tout compte fait, défavorable. Mais il faut bien remarquer, qu'à ce point de vue, les difficultés provenant de la construction et de la fatigue des organes, principalement de la fatigue du piston et du cylindre augmentent très vite, au delà de certaines dimensions, par les effets parfois imprévus des dilatations et par l'accroissement rapide des chocs et des efforts plus que quadruplés sur la bielle des moteurs à un cylindre et à compression intérieure par rapport à ceux d'une machine à vapeur de même force.

En fait, l'expérience ne s'est pas encore prononcée sur l'utilité des grands cylindres de 100 chevaux, de 50 à 60 *cm* de diamètre, et l'on ne peut pas encore affirmer qu'une machine à un seul cylindre de 100 chevaux soit, tout compte fait, et question de régularité mise à part, supérieure au moteur à deux cylindres de même force.

C'est seulement après une pratique de plusieurs années que l'on pourra préciser les dimensions auxquelles la résistance et la durée des maté-

riaux limitent *pratiquement* les dimensions du cylindre des moteurs à quatre temps; mais, sans préjuger de l'avenir, et avec toutes les réserves qui s'imposent toujours vis-à-vis de l'inconnu, je ne crois pas que l'on arrive à dépasser utilement de beaucoup les puissances et les dimensions actuellement admises comme des limites suffisamment imposantes. Je crois que si le moteur à gaz arrivait, dans un avenir que l'on n'entrevoit pas encore, aux grandes forces de 400, 500 chevaux et au delà, ce ne serait que par des progrès importants apportés aux machines à combustion continue et à régénérateurs, dont la principale caractéristique est, comme vous le savez, théoriquement du moins, de se prêter à un fonctionnement plus doux que celui des moteurs à explosion sous volume constant.

J'ai terminé, Messieurs, ce que j'avais à vous dire aujourd'hui, et il ne me reste plus, en m'excusant de vous avoir retenus si longtemps, qu'à vous remercier vivement de l'attention que vous avez bien voulu me prêter malgré l'aridité d'un sujet tout spécial, important sans doute, mais infiniment moins que les grandes questions d'intérêt général qui viennent d'être si brillamment discutées devant vous.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. G. Richard de sa très intéressante communication. Il annonce que nos collègues, MM. Engerran et Boyer, ont aussi fait un travail très complet sur les moteurs à gaz à l'Exposition de 1889, qui sera publié dans le Bulletin, comme les mémoires de MM. Moreau et Lencauchez; nous aurons ainsi, grâce au dernier travail de M. Richard, un ensemble de documents très complets sur cette question.

La discussion sur les moteurs à gaz et à pétrole sera mise à l'ordre du jour de l'une des prochaines séances.

M. E. CACHEUX a la parole pour sa communication sur *Le Sauvetage;* mais avant de passer à ce sujet, il signale deux faits intéressants relatifs aux habitations ouvrières.

Le premier, c'est la publication à un très grand nombre d'exemplaires, de plans d'habitations ouvrières modèles, par le ministère de l'agriculture, de l'industrie et des travaux publics de Belgique. Ces maisons, dont le prix de revient varie entre 1 200 et 2 000 *f* sont destinées à loger les cultivateurs.

Le deuxième, qui prouve l'importance qu'attachent nos voisins à la question des habitations ouvrières, c'est l'offre faite par la Caisse nationale d'épargne et de retraite, de capitaux au taux de 3 0/0, aux Sociétés qui s'engagent à construire de petits logements.

Lorsque les Sociétés consentent à laisser contrôler leurs opérations par des agents de la Caisse d'épargne, l'argent est prêté au taux de 2 0/0.

La communication de M. E. Cacheux sera insérée au Bulletin.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Cacheux et dit que la discussion de la question traitée par lui sera mise à l'ordre du jour d'une prochaine séance.

M. G. SALOMON dit qu'il serait à désirer que l'on donnât aux Ingénieurs, dans les écoles, des notions suffisantes pour leur permettre de porter

les premiers secours aux blessés, car au moment des accidents les Ingénieurs sont sur place, alors qu'il faut attendre le médecin souvent pendant longtemps.

M. LE PRÉSIDENT pense que la proposition de M. G. Salomon mérite d'être examinée. Actuellement, toutes les Compagnies de chemins de fer donnent à leur personnel des dépôts, des gares, stations et autres services, les indications nécessaires pour soigner les blessés.

M. E. LEVEL ajoute que la proposition présentée par M. Salomon était, de son temps, mise à exécution à l'Ecole centrale des Arts et Manufactures.

L'Union des Femmes de France a, de son côté, créé des cours pratiques où l'on apprend à soigner les blessés, cours qui sont très suivis et très appréciés des médecins.

La Ville de Paris a créé un grand nombre de dispensaires où des médecins viennent donner des leçons de pansement et où l'on soigne beaucoup d'enfants.

M. CACHEUX répond qu'à l'Union des Femmes de France, comme dans d'autres institutions analogues, on va trop loin : on y fait de véritables infirmiers et même des médecins, alors qu'il suffirait de donner des notions sommaires.

Il remet à la Société plusieurs ouvrages concernant les accidents.

La séance est levée à onze heures et quart.

NOTE

SUR

LES CONDITIONS DE RECETTE DES TUBES

DE CHAUDIÈRES MULTITUBULAIRES

PAR

M. Ch. COMPÈRE

INGÉNIEUR-DIRECTEUR DE L'ASSOCIATION PARISIENNE DES PROPRIÉTAIRES D'APPAREILS A VAPEUR

Dans une note que j'ai eu l'honneur de vous présenter, l'an dernier, sur les progrès réalisés au point de vue de la sécurité dans l'emploi des chaudières à vapeur, j'ai fait ressortir l'extension prise en ces dernières années par les générateurs à petits éléments, dits multitubulaires. Il y a tout lieu de croire que cette extension continuera.

D'abord, le développement de l'industrie, et en particulier de l'éclairage électrique, à l'intérieur des villes, exige de grandes forces dans de faibles emplacements, et, pour satisfaire alors aux règlements administratifs, des appareils de faibles capacités, ce qui est le caractère des chaudières multitubulaires.

De plus, comme le développement de l'industrie se fait moins par la création de nouveaux établissements que par l'augmentation de la production des anciens, les usines se remplissent de plus en plus et la place manque chez un grand nombre d'industriels.

Devant un tel développement, je crois intéressant de vous tenir au courant des travaux entrepris sur cette question, dont l'importance est d'ailleurs beaucoup plus grande dans notre région parisienne.

C'est à ce point de vue que je vous signale tout d'abord une étude sur les *Explosions de chaudières à tubes d'eau*, présentée à la

réunion annuelle des Ingénieurs des Associations de Propriétaires d'appareils à vapeur, en 1890, par mon savant collègue de Bruxelles, M. Vinçotte.

Ajoutant à la statistique officielle de France, de 1876 à 1887, celles de Belgique et d'Allemagne, il arrive à la même conclusion que celle que je relevai dans ma note, à savoir : que les chaudières à tubes d'eau ont occasionné proportionnellement trois à quatre fois plus d'accidents que les autres ; deux fois plus de morts d'hommes ; qu'individuellement, chaque accident a frappé moins de victimes ; que ces victimes n'ont toujours été que des préposés à la conduite des appareils, et que, d'ailleurs, ces accidents n'ont jamais entraîné d'effet dynamique appréciable.

Relativement aux causes auxquelles sont dus les accidents survenus, M. Vinçotte conclut en disant que « les chaudières à tubes d'eau ont introduit de nouvelles causes de danger, mais que les nombreux accidents des dernières années viennent surtout de ce que l'on ignorait les règles à suivre pour la construction et la conduite d'appareils aussi nouveaux, et qu'il n'y a pas de doute qu'on ne puisse, à l'avenir, en éviter la plus grande partie ».

Dans cet ordre d'idées, je dois signaler une note récente de M. Olry, Ingénieur en chef des Mines, sur l'inconvénient de l'emploi des désincrustants solides et volumineux dans les générateurs multitubulaires.

M. Vinçotte fait ressortir ensuite combien, à cause égale d'accident, la bonne fabrication des tubes peut diminuer le nombre et l'importance des avaries subséquentes, et il en déduit les conditions que doivent remplir les tubes comme qualité de métal employé et comme soudure.

Ces conditions de réception sont déjà de pratique courante dans la marine et les Compagnies de chemins de fer, qui ont, à ce point de vue, des cahiers des charges fort bien étudiés.

Ainsi, à titre de renseignement, je crois intéressant de vous donner communication des cahiers des charges de la Compagnie de l'Est et de la Marine.

CAHIER DES CHARGES

POUR

FOURNITURE DE TUBES EN FER OU EN ACIER DOUX

POUR CHAUDIÈRES

ARTICLE PREMIER.

Désignations générales. — Les tubes à fumée seront fabriqués avec de la tôle de fer ou de l'acier doux, suivant les indications des commandes ou du marché.

Dans l'un ou l'autre cas, le métal devra être de toute première qualité pour l'emploi. L'acier doux ne devra pas prendre la trempe.

. . . . . .

ARTICLE 2.

. . . . . .

Conditions de fabrication. — Les tubes seront sans soudure ou soudés par recouvrement.

Quand le tube sera amené au diamètre et à l'épaisseur indiqués par les dessins, il sera dressé et scié à la longueur demandée.

Recuit. — Les deux bouts seront recuits au charbon de bois.

Examen extérieur. — Les surfaces doivent être parfaitement nettes, sans pailles, criques, dessoudures, fissures ou autres défauts.

Dressage. — Les tubes doivent être parfaitement dressés, sans courbure totale de plus de douze millimètres (12 *mm*) de flèche, ni ondulation locale dépassant trois millimètres (3 *mm*) de flèche, pour un mètre de longueur considérée.

Diamètre extérieur. — Le diamètre extérieur doit être rigoureusement conforme à la demande et identique sur toute la longueur du tube.

Pour être reçu, chaque tube devra dans toute sa longueur entrer dans le calibre maximum, sans pouvoir pénétrer dans le calibre minimum.

Tolérances. — Les limites de ces deux calibres comprennent des tolérances minima et maxima fixées comme suit, suivant le diamètre des tubes :

Diamètres extérieurs	Tolérances limites	Ovale maximum
Jusqu'à 45 *mm* inclus	— 0,2 *mm* + 0,3 *mm*	0,4 *mm*
De 45 *mm* exclu à 80 *mm* inclus	— 0,3 *mm* + 0,5 *mm*	0,7 *mm*
De 80 *mm* exclu à 100 *mm* inclus	— 0,5 *mm* + 1,0 *mm*	1,0 *mm*

Les tubes doivent être parfaitement cylindriques, sans ovalisation sur quelque point que ce soit de la longueur dépassant les limites ci-dessus.

Épaisseur. — Leur épaisseur sera très régulière sur tout le pourtour, à quelque point que ce soit de la longueur.

Il est accordé sur l'épaisseur des tubes les tolérances ci-après :

Épaisseur des tubes	Tolérances
De 1 *mm* à 2 *mm* inclus	— 0,1 *mm* + 0,3 *mm*
De 2 *mm* exclu à 3 *mm* inclus .	— 0,2 *mm* + 0,5 *mm*
De 3 *mm* exclu et au-dessus. .	— 0,3 *mm* + 0,7 *mm*

Les différences d'épaisseur d'un point à l'autre du pourtour d'un même tube ne devront en aucun cas dépasser l'écart total de la tolérance correspondante ci-dessus.

Longueur des tubes. — Les tubes auront exactement la longueur fixée à la commande ou au marché ; il est admis une tolérance de six millimètres (6 *mm*) en plus ou deux millimètres (2 *mm*) en moins sur la longueur demandée.

Bouts affranchis. — Les bouts seront parfaitement coupés d'équerre, bien ébarbés et sains.

Poids par mètre courant. — Le poids normal par mètre courant est indiqué par la commande.

Une tolérance de cinq pour cent (5 0/0) en moins et de dix pour cent en plus (10 0/0) sera admise sur ce poids.

Au-dessous de la tolérance en moins, les tubes pourront être refusés ; au-dessus de la tolérance maxima de 10 0/0, ils seront acceptés, mais l'excédent de poids ne sera pas payé au fournisseur.

Article 3.

. . . . . .

Article 4.

Surveillance. — L'entrée des usines sera toujours accordée aux agents de la Compagnie de l'Est, chargés de suivre toute la fabrication ; ils y pourront faire toutes les vérifications nécessaires pour s'assurer que les clauses du présent cahier des charges seront exactement remplies.

Examen. — Les tubes à fumée en fer ou en acier doux seront examinés à l'usine, un à un, et reçus provisoirement.

Marque de rebut. — Tous les tubes rebutés, à un instant quelconque de la fabrication, seront frappés d'un signe visible et indélébile, puis mis de côté pour pouvoir être représentés à première réquisition des agents de la Compagnie, à moins que le fournisseur n'aime mieux les faire détruire en leur présence.

Proportion des essais. — Les vérifications et essais auront lieu dans

les proportions suivantes pour les tubes en fer comme pour les tubes en acier doux :

Épreuve à la pression	Tube par tube.
Épreuves à froid :	
Vérification du poids par mètre courant.	1 essai sur 50 tubes ou fraction de plus de 20 tubes présentés.
Essai d'aplatissement.	
— de retournement	
— de rabattement de collerette. . .	
— d'élargissement.	1 essai par 100 tubes ou fraction de plus de 40 tubes présentés.
— de cintrage.	
Épreuves à chaud :	1 essai sur 200 tubes ou fraction de plus de 80 tubes présentés. . . . .
Essai de pliage.	
— de trempe (tubes en acier doux).	

Les tubes choisis pour essais seront pris au hasard ou suivant les convenances de l'agent réceptionnaire, dans l'ensemble de la livraison.

Les morceaux destinés aux épreuves seront prélevés à la suite les uns des autres dans chaque tube pris pour essais; l'ensemble de ces divers morceaux représente une longueur de tube d'environ 2 *m.*

Réserve sur le nombre. — La Compagnie se réserve le droit d'augmenter le nombre des essais et de le fixer à sa convenance ; toutefois, si les essais primitifs, effectués dans la proportion ci-dessus, répondent entièrement à toutes les conditions du présent cahier des charges, la valeur des tubes qui seraient ainsi essayés en plus restera à la charge de la Compagnie et le fournisseur en établira facture, déduction faite de la vieille matière.

Morceaux et échantillons. — La Compagnie conserve le droit de réclamer au fournisseur, la livraison gratuite des divers échantillons dont le prélèvement est prévu ci-dessus, pour le cas où les essais n'étant pas effectués à l'usine, la Compagnie désirerait avoir lesdits échantillons, pour servir dans ses ateliers à tels essais qu'elle jugera convenables.

Leur envoi. — L'envoi de ces morceaux et des échantillons provenant des essais. sera fait sur les indications des agents réceptionnaires, par les soins et aux frais des fournisseurs.

Article 5.

Les épreuves suivantes ont lieu sur les tubes en fer comme sur les tubes en acier doux.

Épreuves à la pression. — Les tubes présentés seront éprouvés un à un à la presse hydraulique.

La pression intérieure à appliquer sera de 25 *kg* par centimètre carré; elle sera maintenue pendant une minute au moins.

Pendant cette épreuve, le tube ne doit présenter aucune trace d'altération ni de suintement.

Essai d'aplatissement. — Le morceau de tube choisi pour cet essai sera préalablement recuit au charbon de bois. Posé sur une surface plane et rigide, il sera aplati au pilon.

Si des pailles, fentes, gerçures, criques ou autres défauts quelconques

se produisaient avant d'atteindre un rapprochement des surfaces intérieures égal à 88 0/0 du diamètre extérieur, le résultat de l'essai sera jugé non satisfaisant.

Pour les tubes en acier doux, cette réduction est portée à 96 0/0.

Essai de retournement. — Un morceau de 100 *mm*, préalablement recuit, sera scié suivant une génératrice et retourné de façon à former un morceau de tube dont la surface intérieure sera la surface extérieure primitive.

Cet essai doit avoir lieu sans paille, crique, fente ni gerçure.

Essai de rabattement à froid d'une collerette. — Pour cet essai, le morceau de tube choisi sera préalablement recuit.

Une collerette régulière ayant, pour diamètre extérieur, celui du tube augmenté de quatre fois son épaisseur, devra pouvoir être rabattue à angle droit par rapport à la surface cylindrique intérieure du tube.

Aucune crique, gerçure ou déchirure ne doit se produire pendant cette épreuve.

On pourra également procéder aux autres épreuves ci-après :

Essai d'élargissement. — 1° A froid, sur un bout de tube de 200 *mm*. Posé debout sur une masse métallique et solidement maintenu, on introduira dans le tube un mandrin gradué qu'on enfoncera jusqu'à ce que le diamètre intérieur soit augmenté pour les tubes en fer de 4 0/0 de sa valeur primitive et de 8 0/0 pour les tubes en acier doux, sans criques, gerçures ou autres défauts ;

Essai de cintrage. — 2° A froid sur un bout de tube préalablement recuit et rempli de résine. Ce morceau devra pouvoir se plier jusqu'à ce que les extrémités soient réunies par une partie courbée régulièrement suivant un tore ayant pour diamètre intérieur cinq fois le diamètre extérieur du tube. Cet essai doit avoir lieu sans criques ni pailles.

Pour les tubes d'un diamètre extérieur, supérieur à 50 *mm*, cet essai de cintrage pourra être remplacé par un essai de traction effectué sur une bande découpée dans le sens du laminage de 300 *mm* de longueur et de 20 *mm* de largeur à la partie calibrée.

Les allongements pour les tubes de moins de 5 *mm* d'épaisseur seront relevés sur 100 *mm*, et pour ceux de 5 1/2 *mm* à 11 *mm* d'épaisseur sur 130 *mm*.

Il sera pris note des divers résultats pour vérifier s'ils restent toujours sensiblement les mêmes et s'ils caractérisent bien l'uniformité de la matière et la régularité de la fabrication.

Essai de pliage. — 3° A chaud, sur un bout de tube, préalablement recuit, rempli de sable réfractaire et convenablement chauffé.

Ce morceau devra pouvoir se plier jusqu'à ce que le rayon de courbure intérieur soit de (0,6) six dixièmes du diamètre extérieur du tube, sans qu'il se manifeste ni crique, ni paille.

Essai de trempe. — Un des morceaux d'essai ci-dessus sera chauffé au rouge cerise avancé et trempé dans l'eau à la température maxima de 20°. Attaqué ensuite à la lime demi-douce, le métal devra se laisser attaquer parfaitement.

Épreuves complémentaires. — Dans le cas où un ou plusieurs des tubes essayés n'auraient pas satisfait aux conditions ci-dessus, le lot sera refusé.

A la demande du fournisseur, il pourra être procédé, sur ce même lot, à de nouveaux essais dont la Compagnie fixera le nombre et sur le résultat desquels l'Ingénieur en chef statuera.

Autres épreuves. — La Compagnie de l'Est se réserve le droit de faire procéder, dans les ateliers des fournisseurs ou dans les siens, à toutes autres épreuves qui lui paraîtraient nécessaires pour s'assurer de la qualité des matières employées dans la fabrication des tubes à fumée.

ARTICLE 6.

Appareils d'essais. — Tous les frais d'essais sont à la charge exclusive des fournisseurs qui sont tenus de se pourvoir, également à leurs frais, des appareils, outils, gabarits et calibres nécessaires pour procéder aux épreuves et vérifications définies ci-dessus.

ARTICLE 7.

. . . . . .

ARTICLE 8.

Réception dans les ateliers de la Compagnie. — La réception provisoire des tubes, faite aux usines par les agents de la Compagnie de l'Est, ne dispense en aucune façon les constructeurs du refus des tubes qui, pendant le montage dans les ateliers de la Compagnie, présenteraient des vices de fabrication ou de matière pouvant nuire à la solidité et même à l'aspect des pièces.

Frais de retour. — Ces tubes seront rebutés et rendus aux fournisseurs avec facture correspondante établie au prix fixé au traité de fourniture.

. . . . . .

MINISTÈRE DE LA MARINE

CONDITIONS TECHNIQUES

ADOPTÉES POUR LES

FOURNITURES DE TUBES EN ACIER POUR CHAUDIÈRES

EXTRAIT DU « BULLETIN OFFICIEL DE LA MARINE »

(1er SEMESTRE 1890)

. . . . . .

. . . . . .

Les tubes seront parfaitement droits, bien calibrés à l'intérieur et à l'extérieur, exempts de pailles, crevasses. gerçures et autres défauts nuisibles à l'emploi.

Les bouts seront coupés nettement et d'équerre.

L'épaisseur du métal, en un point quelconque du tube, ne pourra varier que de 1/10 en plus ou en moins par rapport à l'épaisseur de la commande.

Il sera accordé une tolérance :

Sur la longueur, de 3 *mm* en plus seulement;

Sur le diamètre extérieur de 1/4 de millimètres en moins seulement;

Sur l'épaisseur moyenne, de 1/20 en plus ou en moins.

L'épaisseur moyenne sera mesurée par des pesées, en prenant 7.8 pour chiffre de la densité du métal.

Le métal servant à la fabrication des tubes proviendra exclusivement de lingots d'acier obtenus dans des fours, genre Siemens-Martin, à sole acide ou basique indifféremment.

Le duplicata des commandes des lingots ou des plats destinés à la confection des tubes sera communiqué au service de la surveillance, qui pourra en suivre la fabrication dans les usines qui en seront chargées.

Il pourra être fait, si l'Ingénieur chargé de la recette des tubes le juge convenable, des essais de traction sur les plats destinés a la confection des tubes. Les barrettes qui auront 200 *mm* de longueur devront donner 38 *kg* de résistance moyenne minima à la rupture, et un allongement minimum de 22 0/0. Il sera procédé à des essais de traction sur des barrettes prises dans les tubes. Ces barrettes seront obtenues en sciant les tubes en deux sur une longueur suffisante, et en aplatissant

à chaud les deux moitiés du tube; après quoi, elles seront découpées suivant les dimensions prévues par la Circulaire Ministérielle du 9 février 1885.

Les barrettes d'essai soumises à l'épreuve de traction devront donner, pour la résistance moyenne minimum et pour l'allongement final les chiffres suivants :

	RÉSISTANCE MOYENNE MINIMA.	ALLONGEMENT MINIMUM.
Tubes de 3 *mm* d'épaisseur et au-dessous. . . .	38 *kg*	16 pour 0/0
Tubes de plus de 3 *mm* d'épaisseur	37 *kg*	18 — 0/0

Aucune barrette, reconnue saine, ne devra rompre sous une charge égale aux 8/10 de la résistance moyenne minima exigée, ni donner un allongement inférieur aux 8/10 de l'allongement moyen minimum exigé.

Les tubes seront en outre soumis aux épreuves suivantes :

1° On mandrinera à froid, mais après recuit, l'extrémité d'un ou plusieurs bouts de tubes sur une longueur de 50 *mm*, de manière à obtenir un accroissement de diamètre de 5 *mm* pour les tubes ayant une épaisseur égale ou inférieure à 2,5 *mm* et de 3 *mm* pour les tubes ayant plus de 2,5 *mm* d'épaisseur;

2° On rabattra, après recuit préalable de l'extrémité du tube, une pince à collerette faisant un angle droit avec la génératrice du tube et qui fera saillie de 8 *mm*.

Dans ces deux épreuves, il ne devra se manifester ni paille, ni dédoublement, ni fente, ni gerçure ;

3° Les tubes seront tous soumis à une pression intérieure de 30 *kg* à la presse hydraulique et ne devront présenter sous cette pression ni suintement, ni déformation permanente. Tous les tubes qui ne satisferont pas à cette condition seront rebutés ;

4° Sur chaque lot de 200 tubes, on prendra un bout de 0,10 *m*, coupé à l'extrémité d'un des tubes; ce bout sera recuit, puis scié suivant une génératrice et retourné à froid, de manière à former un bout de tube dont la surface intérieure soit la surface extérieure primitive, et cette opération ne devra révéler ni fente, ni gerçure;

5° Un bout de tube de 0,10 *m* de longueur, par lot de 200 tubes, devra pouvoir s'écraser à froid sous le pilon, sans présenter ni crique, ni gerçure;

6° Tous les tubes devront être attentivement examinés pour rechercher sur leurs faces extérieures et intérieures les apparences de criqûres ou les traces d'oxyde ou de scories pouvant donner naissance à des piqûres. Ces défauts seront un motif de rebut;

7° On choisira dans chaque lot de tubes de mêmes dimensions, présentés en recette, un nombre égal à 1/20 du nombre de tubes contenus dans le lot et on les soumettra à un léger décapage en les plongeant pendant soixante minutes dans un bain d'acide sulfurique étendu d'eau, marquant 4° au pèse-acide et à une température de 15 à 25°. Après le décapage, les tubes seront plongés dans un bain légèrement alcalin,

brossés et essuyés, et examinés avec soin ; les tubes décapés dont les surfaces présenteront des cavités susceptibles de devenir ultérieurement des centres d'érosion seront mis de côté, et si le nombre des tubes ainsi rebutés est égal ou supérieur à 1/10 du nombre des tubes décapés, tout le lot présenté sera rebuté. Si le lot est admis en recette, les tubes décapés, reconnus bons, pourront être reçus après avoir subi à chaud un étirage destiné à lisser les surfaces.

Les tubes rebutés pourront être marqués d'un signe de rebut.

Le Ministre de la Marine,
BARBEY.

Dans ces divers cahiers des charges, il n'est pas question d'examen spécial sur la soudure, si ce n'est l'examen hydraulique de tous les tubes à 25 ou 30 *kg*, essai sous lequel pourraient se révéler des fuites à la soudure, si elle était défectueuse, et encore cet essai n'est-il pas accompagné du martelage des tubes.

De plus, dans son cahier des charges, la Marine ne fait aucune distinction entre les tubes de fumée de ses chaudières ordinaires et les tubes des chaudières multitubulaires qu'elle emploie maintenant couramment.

La question de la soudure des tubes est cependant beaucoup plus importante pour les générateurs multitubulaires que pour les chaudières diverses de l'industrie, car, dans ces chaudières, la pression agit à l'extérieur des tubes et tend à resserrer la soudure ; les ruptures se font alors à plus faible section, et d'ailleurs loin du feu et des préposés à la conduite des appareils ; tel n'est pas le cas pour les générateurs multitubulaires, pour lesquels la pression agit à l'intérieur des tubes et tend, par suite, à décoller la soudure.

Deux accidents survenus en Belgique sur des chaudières de Naeyer, l'un le 7 décembre 1886, l'autre le 14 janvier 1889, ont conduit M. Vinçotte à étudier tout spécialement cette question de la soudure des tubes.

Ces deux accidents se sont produits à une remise en feu, les tubes ayant été démontés pour être nettoyés en les martelant à l'extérieur et remontés ensuite, mais en mettant en bas du faisceau

les tubes qui se trouvaient primitivement en haut, et cela parce qu'ils avaient moins souffert.

Dans le premier accident, lorsque la pression atteignit 7 *kg* l'un des tubes de la rangée inférieure se fendit sur **1,16** *m* de long et s'ouvrit sur **225** *mm*.

L'eau s'échappa avec violence par cette ouverture, frappa le chauffeur, qui était devant le foyer et qui fut trouvé mort sur place.

La déchirure s'était produite suivant une soudure en biseau dans laquelle le recouvrement variait de **2** à **5** *mm* seulement. La fente s'était prolongée tout le long du défaut et ne s'était arrêtée qu'à un point où la soudure était bonne.

L'Association Belge pour la surveillance des chaudières formula alors des conditions de réception relatives à la qualité du métal employé et stipula que la soudure devait avoir au moins **20** *mm* de recouvrement; **10** 0/0 des tubes de chaque fourniture devaient être, dans ce but, essayés à l'acide à chacune de leurs extrémités.

La maison de Naeyer prit ces conditions pour règle, et pendant les années **1887** et **1888**, une partie de ses tubes fut reçue par l'Association Belge.

La seconde explosion se produisit dans une batterie de quatre générateurs.

A la remise en feu de la première chaudière, l'un des tubes se fendit sur **40** *cm* de long et la fente s'ouvrit de **56** *mm*. L'eau s'échappa avec violence, mais aucun des ouvriers ne fut blessé, de sorte que l'accident ne parut pas fort grave, et l'on remit en feu en remplaçant l'élément crevé.

Lorsqu'on fut en pression, un second tube de la rangée inférieure s'ouvrit de la même façon et sans faire plus de mal. La fente avait **58** *cm* de long et **210** *mm* d'ouverture; elle était dirigée vers le bas, et, malgré la masse d'eau et de vapeur qui se dégagea en un instant, le feu ne fut pas entièrement éteint. Le charbon projeté dans les coins et dans le faisceau se ralluma, de sorte que beaucoup de tubes présentèrent des traces de surchauffe.

On crut à un manque d'eau, et, cette fois encore, on passa outre, sans étudier davantage ce grave accident et en se bornant à remplacer les vingt-quatre tubes inférieurs.

Une seconde chaudière fut nettoyée comme la première et remise à feu sans qu'il se produisit aucun effet anormal. Mais, deux jours après la mise à feu de la troisième chaudière, après un nettoyage fait comme le premier, l'un des tubes de la rangée

inférieure creva sur 2,45 *m* de long. Deux hommes, qui se trouvaient devant le foyer, furent brûlés à mort et deux autres grièvement.

Toutes ces déchirures en ligne droite consistaient dans le décollage de soudures en biseau, ayant des recouvrements variant entre 0 et 4 *mm*.

En présence de tels accidents, il fut décidé que les quatre chaudières seraient démontées et que les tubes seraient tous essayés à 50 atmosphères et martelés sous pression.

L'épreuve fut décisive : sur 422 tubes essayés, 34 s'ouvrirent brusquement par l'effet du coup de marteau ; les déchirures avaient de 7 *cm* à 80 *cm* de long ; toutes étaient dans des soudures sans recouvrement.

Cet essai et l'examen des soudures amenèrent M. Vinçotte aux conclusions suivantes :

1° Dans un lot de tubes fabriqués à recouvrement, il peut y en avoir un grand nombre simplement soudés bout à bout. C'est ainsi que les soudures mesurées avaient jusqu'à 35 *mm* de recouvrement et que, pour une fraction importante d'entre elles, le recouvrement était inférieur à 5 *mm*. Ces anomalies résultent de la manière même dont les tubes sont fabriqués.

2° Une soudure peut être parfaitement saine et n'avoir que très peu de résistance ; le martelage seul la fait alors s'ouvrir ; de telles soudures doivent résister très peu au feu.

3° Les soudures à faible recouvrement sont les seules à s'ouvrir brusquement. Sur le nombre de tubes qui ont fait explosion à la soudure, il n'y en a eu aucun où celle-ci atteignait 10 *mm* de recouvrement, et il est même rare qu'en pareil cas on trouve 5 *mm*.

Les soudures plus larges peuvent être mauvaises et donner des suintements, mais le fait reste local et il n'y a pas de rupture violente.

En présence de ce second accident, les membres de l'Association Belge qui avaient des chaudières multitubulaires acceptèrent des visites à fond dans lesquelles tous les tubes dont la soudure était trop visible furent soumis à un martelage ou à l'essai à la presse ; et, pendant l'année 1889, 755 tubes durent être condamnés.

L'Association fit ensuite connaître à ses membres et aux constructeurs les conditions de réception qu'elle avait déjà adoptées comme règle après le premier accident de 1886, mais en stipulant que la lecture des recouvrements de la soudure aux deux extré-

mités devrait être faite sur tous les tubes et non sur 10 0/0 seulement.

En cela, elle suivait la méthode qui est devenue la règle de nos Associations pour la recette des tôles de chaudières, à savoir : essai à la traction sur chacune des tôles et non sur une ou plusieurs tôles par qualité.

D'ailleurs, M. Vinçotte justifie cette lecture des recouvrements de la soudure sur tous les tubes en présentant le tableau suivant où sont relevées les largeurs de recouvrement trouvées aux extrémités des mille derniers tubes qu'il a essayés; ces tubes provenaient du même laminoir et avaient été fabriqués pour avoir au moins 20 *mm* de recouvrement.

4	: largeur	moindre que	2 1/2	*mm.*		
5	—	comprise entre	2 1/2	et 5		*mm.*
7	—	—	5		7 1/2	
9	—	—	7 1/2		10	
12	—	—	10		12 1/2	
10	—	—	12 1/2		15	
14	—	—	15		17 1/2	
50	—	—	17 1/2		20	
106	—	—	20		22 1/2	
114	—	—	22 1/2		25	
126	—	—	25		27 1/2	
136	—	—	27 1/2		30	
123	—	—	30		32 1/2	
76	—	—	32 1/2		35	
70	—	—	35		37 1/2	
64	—	—	37 1/2		40	
44	—	—	40		42 1/2	
32	—	—	42 1/2		45	
24	—	—	45		47 1/2	
18	—	—	47 1/2		50	
14	—	—	50		52 1/2	
3	—	supérieure à	52 1/2			

Sur ces 1 000 tubes, il y en avait ainsi 108 qui n'avaient pas, à leur extrémité, les 20 *mm* requis, et au moins 25 dont la soudure aurait été dangereusement insuffisante.

Ces 108 tubes avaient été néanmoins présentés en recette, les laminoirs n'ayant pas cru devoir faire une réception préalable.

Ces chiffres montrent donc bien la nécessité de faire le relevé de la soudure sur tous les tubes d'une même fourniture.

Ces essais sur la soudure aux extrémités des tubes ne donnent même pas encore complète garantie, car M. Vinçotte présente aussi un tableau des largeurs du recouvrement, relevées dans diverses sections faites à 18 tubes.

Sur ces 18 tubes, 16 satisfont à la condition d'avoir plus de 20 *mm* de recouvrement à leurs deux extrémités, et, sur ces 16, il y en a 2 dont la soudure est néanmoins insuffisante, car dans des sections intermédiaires, elle tombe à 12 *mm* pour l'un, et 0 pour l'autre.

Toutes ces études ont alors amené M. Vinçotte au cahier des charges suivant :

ASSOCIATION BELGE POUR LA SURVEILLANCE DES CHAUDIÈRES

CONDITIONS DE RÉCEPTION DES TUBES EN FER ET EN ACIER

1° Les tubes auront en longueur, diamètre et épaisseur, les dimensions indiquées dans la commande. Les tolérances seront..... sur la longueur..... sur le diamètre, 5 0/0 sur l'épaisseur.

2° Les tubes ne présenteront ni pailles, ni gerçures; leur surface sera parfaitement unie. Ils seront bien droits; leur soudure ne montrera pas de défaut. Leur épaisseur sera la même en tous leurs points.

Les tubes ne seront présentés en réception qu'après avoir été soumis à une pression de 50 atmosphères. L'agent réceptionnaire répétera cet essai sur une partie de la fourniture, et martellera les tubes sous pression.

3° La soudure aura au moins 20 *mm* de recouvrement pour les tubes de 120 *mm* de diamètre extérieur, et 18 *mm* pour ceux de 90 *mm* de diamètre.

Indépendamment de l'examen à faire sur les extrémités des tubes, l'agent réceptionnaire prendra un tube sur chaque centaine, le fera couper en plusieurs fragments, et mesurera le recouvrement dans les diverses sections faites.

L'agent réceptionnaire pourra vérifier la largeur des bandes de tôles destinées à la fabrication des tubes. Il s'assurera que la soudure est bonne en aplatissant le tube sacrifié de manière que la soudure se trouve à l'endroit le plus fortement plié. Dans cet

essai, la soudure ne peut présenter qu'un commencement de décollage.

4° En introduisant un mandrin conique dans les extrémités des tubes, on pourra en augmenter le diamètre de 5 *mm*, s'ils sont en fer, et de 10 *mm*, s'ils sont en acier doux.

Le bord de l'extrémité du tube doit pouvoir être replié à angle droit, de manière à former une collerette avec saillie de 5 *mm* pour le fer, et de 10 *mm* pour l'acier doux.

Dans ces deux essais, il ne pourra se montrer ni fentes, ni gerçures.

5° Il sera sacrifié 1 tube sur 100 pour les essais de réception.

Tous les tubes reçus porteront la marque de l'Association pour la surveillance des chaudières à vapeur. Ils porteront, en outre, la marque de l'usine où ils ont été fabriqués, ainsi que le numéro de qualité.

Telle est, en résumé, l'étude de M. Vinçotte qu'il m'a paru utile de vous faire connaître ; elle montre certaines garanties que l'industrie peut demander dans la construction des générateurs multitubulaires.

L'exposé de ces garanties était d'autant plus nécessaire, qu'actuellement les laminoirs dont la fabrication n'est pas soumise aux cahiers des charges ci-dessus se contentent, avant de livrer les tubes, de les essayer à une pression de 25 à 50 atmosphères, sans martelage, pour voir simplement si les soudures tiennent bien, essai trop insuffisant, comme M. Vinçotte l'a démontré.

Cette étude de M. Vinçotte a montré la nécessité de la réception individuelle de chaque tube ; mais, à notre avis, il ne faudrait pas en conclure que les tubes dont les soudures présenteront au moins 20 *mm* de recouvrement seront tous de bonne qualité.

Il peut être fait d'autres essais sur les extrémités des tubes ; c'est ainsi qu'une importante maison, qui construit des générateurs multitubulaires, fait subir à tous les tubes sans exception, avant tout travail, un essai de recette consistant à enfoncer à chaque extrémité, en trois ou quatre coups de marteau à devant, un mandrin qui augmente le diamètre de 0,5 *mm* environ ; à cet essai, tout tube présentant la plus légère crique à son extrémité, dans la soudure ou en un autre point, est rebuté.

Ces tubes, qui, d'après le système construit, doivent être assemblés dans des boîtes collectrices par filetage, sont ensuite recuits à leurs extrémités, et ramenés à chaud à leur diamètre primitif.

De plus, au cours de la construction, lorsque les tubes sont assemblés en éléments, ils sont soumis à une pression de 30 atmosphères, et martelés, surtout le long de la ligne de soudure.

Enfin, cette maison fait de temps à autre les divers essais prescrits par la marine, sauf l'essai de décapage, pour s'assurer de la qualité du métal employé dans la fabrication.

Je signale enfin que cette maison construit un type de chaudières dont les tubes sont de faible longueur, et proviennent alors de tubes plus longs sectionnés suivant la commande, ce qui donne l'avantage d'une vérification supplémentaire de la soudure en diverses coupes d'un même tube, avantage dont M. Vinçotte a fait ressortir toute l'importance.

Il faut signaler aussi, comme autre essai de réception individuelle de chaque tube, le mandrinage fait à leurs extrémités lorsque leur assemblage dans les boîtes collectrices se fait, comme cela a lieu dans divers types de chaudières, par dudgeonnage, à condition, bien entendu, que ce travail soit bien fait, comme cela n'a pas eu lieu dans une explosion survenue en 1890, et qui a coûté la vie à trois personnes.

Dans cette opération, aucune crique aux extrémités des tubes dans les boîtes collectrices ne doit apparaître.

Ce travail de mandrinage expanse le métal très doucement et progressivement ; aussi la maison dont nous parlons plus haut considère-t-elle comme meilleur indice de la qualité de la soudure l'essai très brutal qu'elle fait subir à tous les tubes, à leurs extrémités; cet essai se fait d'ailleurs beaucoup plus rapidement.

Cette opinion paraît d'autant plus justifiée que nous avons pu constater nous-même que, dans le même tube présenté en recette, les essais de mandrinage et d'aplatissement, faits au pilon, donnent ou non des criques aux soudures, suivant que la chute du marteau est faite brusquement ou lentement.

M. Vinçotte attachait d'autant plus d'importance à cette question de soudures, qu'il pense que dans plus de la moitié des cas de déchirures des tubes relevés officiellement, l'accident a consisté dans le décollage des soudures défectueuses.

Les statistiques ne sont malheureusement pas assez précises et assez complètes pour être bien fixé sur ce point.

En reprenant toutefois la liste des accidents relevés officiellement en France, de 1876 à 1889, j'ai relevé treize ouvertures

brusques de tubes, parmi lesquelles trois seulement sont consignées comme s'étant produites suivant la ligne de soudure.

La proportion de cas de décollage de soudures, d'après la statistique française, est donc beaucoup moindre que celle indiquée par M. Vinçotte.

D'ailleurs, M. Vinçotte semble attribuer les deux accidents qu'il a relatés, uniquement au décollage des soudures; peut-être y a-t-il eu au préalable surchauffe des tubes, due aux diverses causes bien connues maintenant : obstruction, défaut d'alimentation total ou local, etc.? Si cela était, il était évident qu'une soudure défectueuse à recouvrement insuffisant ne pouvait résister.

C'est à ce point de vue qu'il est de bonne construction dans les générateurs multitubulaires de monter les tubes de façon que leur soudure, si elle est visible, soit à la partie supérieure, c'est-à-dire à la partie la moins exposée au feu.

Je dois ici, à titre complémentaire, signaler que les laminoirs se préoccupent, d'ailleurs, de n'employer, dans leur fabrication, qu'un métal dont la composition assure une bonne soudure, c'est ainsi qu'ils exigent que la teneur en soufre et en phosphore ne dépasse pas 0 0/0, 055, et celle en manganèse 0 0/0, 6.

J'ai eu l'occasion, dans une récente réception de chaudière multitubulaire, d'appliquer les intéressants travaux de M. Vinçotte.

Cette chaudière se compose d'un faisceau tubulaire relié à deux corps supérieurs et formé de tubes assemblés par mandrinage dans des collecteurs verticaux.

Nous avions proposé, pour les divers corps, d'employer la tôle d'acier extra-doux, qui est maintenant d'un usage courant dans la construction de chaudières et dont je crois devoir rappeler les conditions de recette.

Toutes les tôles, devant être simplement cintrées, sont cisaillées 10 *cm* plus longues sur le travers, de manière qu'on puisse prélever deux éprouvettes de traction et une bande de 20 *cm* de longueur et 4 *cm* de largeur pour essais de pliage; l'une des éprouvettes est essayée telle quelle, l'autre est essayée après avoir été portée au rouge cerise et trempée dans l'eau à 28°.

Aux essais à la traction, chaque tôle d'acier doit remplir les conditions suivantes :

	Résistance à la rupture par millimètre carré. *Maxima.*	Allongement 0/0 sur 200 *mm* à la rupture. *Minima.*
Métal naturel. . . .	40 *kg*	30 0/0
Métal trempé. . . .	47	18 0/0

Quant aux bandes pour pliage, après avoir été trempées comme précédemment, elles doivent être repliées en deux, bord à bord, sans que sur le dos et les côtés latéraux paraisse aucune crique ou gerçure.

Pour les autres tôles, qui devront subir un travail de forge, étirage de collerettes ou rabattement de bords, etc., et qui, d'ailleurs, sont en même métal que les tôles cintrées, sauf les cuissards, qui sont en acier soudable, il n'est pas fait d'essai, la réussite de leur travail étant le meilleur moyen de s'assurer de leur qualité.

Malgré ces garanties, il fut employé des tôles de fer dont la qualité fut définie comme il suit :

N° 3 pour les tôles devant être simplement cintrées, suivant le sens du laminage.

N° 4 pour les tôles devant être simplement cintrées, mais suivant le travers du laminage.

N° 5, tôles devant subir un travail de forge.

Toutes les tôles des qualités 3 et 4 ont été laminées plus longues de 0,50 *m* environ, de façon à prélever dans leur chute deux éprouvettes pour les essais de traction, en long et en travers.

Les tôles de qualité 5 n'ont subi aucun essai.

Pour la construction proprement dite, les prescriptions suivantes furent adoptées :

Tous les trous de rivets furent poinçonnés, sur tôle plate, à 6 *mm* de moins que le diamètre primitif.

Les tôles furent envirolées, et les 6 *mm* restants enlevés à la mèche américaine travaillant en une seule fois sur les deux tôles correspondantes.

Toutes les rivures longitudinales et transversales ont été faites à double clouure, sauf les attaches des têtes en fonte, des dômes et des parties étirées ou rétreintes.

Les trous de rivets des bouchons en fonte des dômes ont été percés au foret et non venus de fonte.

Tous les trous de rivets pour les attaches des parties étirées ou rétreintes ont été percés à la mèche.

Aucune pièce ne fut rivée avant que nous ayons préalablement accepté le perçage.

Les tôles ont été chanfreinées et mattées en dedans et en dehors.

Quant aux tubes, en acier doux et au nombre de 120, ils devaient satisfaire au cahier des charges de l'Association Belge.

Avant notre réception, les laminoirs avaient déjà rebuté 8 à 10 tubes dont la soudure aux extrémités était inférieure à une jauge de 20 *mm* ; ils n'avaient pas d'ailleurs relevé les largeurs des recouvrement que nous avons reprises nous-même sur les deux extrémités de chaque tube.

Les largeurs peuvent se classer comme suit :

90	soudures	dont le recouvrement	varie entre	20 et 25 *mm.*
48	—	—	—	25 et 30
48	—	—	—	30 et 35
30	—	—	—	35 et 40
20	—	—	—	40 et 45
8	—	—	—	45 et 50
2	—	—	est supérieur à 50	

Ces relevés des soudures nous ont montré que les recouvrements aux extrémités d'un même tube étaient très différents ; ainsi, sur un tube, nous avons relevé 22 *mm* à une extrémité et 50 à l'autre.

La grande variabilité dans les chiffres relevés montre bien la nécessité de relever le recouvrement de tous les tubes, à leurs deux extrémités.

15 tubes qui présentaient les plus faibles recouvrements ont été ensuite martelés sous une pression de 50 atmosphères.

Un tube, dont les soudures aux extrémités n'avaient que 20 et 22 *mm* de largeur, a été sacrifié pour les essais d'aplatissement, de mandrinage et de rabattement de collerette ; ces divers essais ont satisfait aux conditions imposées.

Ce tube, dans ses nouvelles sections, présentait des recouvrements de soudure de 25 et 40 *mm*.

Nous nous sommes, de plus, assuré de la qualité du métal employé pour la fabrication des tubes, en trempant au rouge cerise un morceau prélevé dans une des bandes d'acier doux livrées par

les Forges ; ce morceau ainsi trempé s'est replié en deux, bord à bord, sans aucune crique sur le dos et les côtés latéraux.

Lors de la construction, le mandrinage des extrémités des tubes dans les collecteurs nous a fait rebuter un tube qui présentait par ce travail un commencement de décollement de soudure. Pour ce mandrinage, le diamètre des trous des collecteurs est de 0,4 *mm* supérieur à celui des tubes ; mais l'extrémité des tubes à l'intérieur des collecteurs est légèrement rabattue par la forme même du mandrin ; de plus, par la pénétration même de l'outil, le tube, en dehors des collecteurs, est fortement expansé de 3 à 4 *mm* ; l'extrémité du tube est ainsi solidement maintenue de chaque côté de la paroi du collecteur.

Comme complément à cette réception, nous avons relevé, chez le constructeur de la chaudière, les recouvrements de soudures à chaque extrémité de 90 tubes pris au hasard dans son magasin, et pour la commande desquels il n'avait été fait aucune prescription en ce qui concerne la largeur des recouvrements de soudures.

Les résultats obtenus sont les suivants :

1	soudure	dont le	recouvrement	varie	de	2 1/2	à	5	*mm.*
1	—	—	—			5	à	7 1/2	
3	—	—	—			7 1/2	à	10	
3	—	—	—			10	à	12 1/2	
6	—	—	—			12 1/2	à	15	
5	—	—	—			15	à	17 1/2	
10	—	—	—			17 1/2	à	20	
28	—	—	—			20	à	22 1/2	
27	—	—	—			22 1/2	à	25	
22	—	—	—			25	à	27 1/2	
28	—	—	—			27 1/2	à	30	
22	—	—	—			30	à	35	
12	—	—	—			35	à	40	
4	—	—	—			40	à	45	
3	—	—	—			45	à	50	
1	—	—	—			50	à	55	
2	—	—	—			55	à	60	et au-dessus.

Ces chiffres montrent que sur ces 90 tubes, 29 dont le recouvrement des soudures à une extrémité est inférieur à 20 *mm* auraient

été rebutés et ne seraient pas entrés en fabrication si leur réception nous avait été confiée.

Ces questions de réception de chaudières sont donc très importantes pour les industriels, et j'ai cru intéressant de vous faire connaître plus spécialement celles qui concernent les générateurs multitubulaires, générateurs qui exigent des soins tout particuliers dans leur construction et leur entretien.

NOTE

EN

RÉPONSE A QUELQUES ARGUMENTS PRÉSENTÉS PAR M. BOUQUET DE LA GRYE

DANS LA DISCUSSION DE

SON PROJET DE PARIS PORT DE MER

PAR

M. Ed. BADOIS

Quelques-unes des assertions que l'auteur du projet de Paris Port de Mer a formulées comme arguments dans la réfutation des observations qui lui ont été opposées à la Société des Ingénieurs civils ne sauraient rester sans réponse. Le but de la présente note est de préciser certains points et de dissiper quelques malentendus sans vouloir cependant répliquer à tous les arguments produits.

I. — DÉTERMINATION DES LIGNES D'EAU A LA SUPERFICIE DES BIEFS

Le projet adopte une pente de 0,80 *m* environ dans le grand bief de Vernon. Les Ingénieurs et le Conseil général des Ponts et Chaussées ne l'ont pas admise, et dans mon premier travail j'ai indiqué brièvement les raisons qui font qu'en pratique il est prudent de supposer que la ligne d'eau sera horizontale sur toute la longueur.

Ces raisons étant contestées par M. Bouquet de la Grye, quelques considérations nouvelles sont nécessaires pour préciser quelle est celle des deux hypothèses qui s'approche le plus de la vérité.

Si dans toute l'étendue de 83 *km* du bief considéré le chenal gardait *le même profil* et si le *débit était constant*, on pourrait en se servant des formules usuelles calculer la pente moyenne du

cours d'eau et prétendre en théorie que cette pente superficielle se conserverait sur toute la longueur.

Par exemple, un canal régulièrement creusé qui aurait uniformément 40 *m* au plafond, 65 *m* de largeur au plan d'eau et 6,20 *m* de profondeur, dont la section mouillée serait en conséquence $S = 325\ m^2$ et le périmètre mouillé $P = 68\ m$ aurait en effet une pente superficielle par mètre de longueur *i*, donnée par la formule :

$$i = \frac{P}{S}\,(0{,}000045\,u + 0{,}000309\,u^2),$$

d'où pour la longueur entière une pente totale :

$$I = i \times 83\,000\ m.$$

Cette pente prendrait les valeurs suivantes pour des débits d'étiage de 60 m^3, de 90 m^3 et de 150 m^3 par seconde :

Pour 60 m^3 la vitesse $u = 0{,}184\ m$; $i = 0{,}00000376$; $I = 0{,}312\ m$.
Pour 90 m^3, $u = 0{,}2765\ m$; $i = 0{,}00000752$; $I = 0{,}624\ m$.
Pour 150 m^3, $u = 0{,}46\ m$; $i = 0{,}00001800$; $I = 1{,}50\ m$.

Il faudrait donc supposer, dans les conditions que je viens d'indiquer, un débit de plus de 100 m^3 par seconde pour justifier la pente totale de 0,80 *m* attribuée au bief de Vernon. Or, déjà ce débit est supérieur à celui d'étiage moyen.

Mais de plus les conditions de profil en long et en travers du canal maritime projeté sont tout autres que celles que je viens de définir : Le chenal ne conserverait la section mouillée de 325 m^2 que depuis Méricourt (kilomètre 121) jusqu'à Vernon (kilomètre 149) sur une longueur de 28 *km* environ pendant lesquels il serait creusé et resterait encaissé au-dessous du lit de la Seine; Au delà il prendrait possession de ce lit ce qui accroîtrait progressivement la section et aussi le périmètre mouillés, tandis que la vitesse d'écoulement diminuerait successivement, ainsi que la pente superficielle par mètre, jusqu'à l'extrémité inférieure du bief.

Si l'on établit à peu près au milieu de la distance, au kilomètre 176, un profil transversal approximatif, ce profil présenterait un lit majeur à 3,20 *m* de profondeur, ayant 120 *m* de largeur au plafond et 133 *m* à la ligne d'eau et un lit mineur de 6,20 *m* de profondeur, ayant 40 *m* de largeur au plafond et 57 *m* de largeur à la ligne d'eau; le profil aurait alors 190 *m* de largeur totale, offrirait une section mouillée de 712 m^2 et un périmètre mouillé de 192 *m* et les valeurs de la vitesse et de la pente par mètre en ce point seraient :

Pour un débit de 60 m^3 : $u = 0{,}084$; $i = 0{,}00000143$:
Pour un débit de 90 m^3 : $u = 0{,}126$; $i = 0{,}00000285$;
Pour un débit de 150 m^3 : $u = 0{,}210$; $i = 0{,}00000621$.

Au barrage de Poses au kilomètre 202, le profil en travers présenterait comme largeur au plafond 160 *m*, à la surface 200 *m*, et une profondeur de 6,20 *m*.

La section mouillée serait de 1 116 m^2 (trois fois et demie plus grande qu'à Vernon).

Le périmètre mouillé serait de 202 m^2 (triple de celui de Vernon).

Les vitesses d'écoulement et les pentes par mètre correspondantes seraient :

Pour le débit de 60 m^3 : $u = 0{,}054$; $i = 0{,}00000052$;
Pour le débit de 90 m^3 : $u = 0{,}081$; $i = 0{,}00000103$;
Pour le débit de 150 m^3 : $u = 0{,}134$; $i = 0{,}00000210$.

On remarque que les pentes superficielles par mètre sont ici de sept à neuf fois plus petites qu'à Vernon selon l'importance du débit.

Avec ces éléments, on peut construire pour chacun des débits considérés une courbe qui représenterait le profil en long de la ligne d'eau, *en n'ayant égard qu'aux conditions exprimées plus haut;* et en traçant sur la même figure la ligne droite inclinée de la pente régulière attribuée par M. Bouquet de la Grye à la superficie du bief de Vernon, on reconnaîtra que le profil correspondant au débit de 90 m^3 à la seconde, *débit moyen d'étiage,* se tient constamment au-dessous de la ligne du projet à des hauteurs atteignant jusqu'à 0,39 *m*, ne laissant au-dessus de l'horizontale que 0,20 *m* d'eau à Vernon et 0,41 *m* à Méricourt, au lieu des cotes du projet qui sont 0,53 *m* à Vernon et 0,80 *m* à Méricourt.

Le profil corresponant au débit d'*étiage minimum* de 60 m^3 par seconde s'abaisse jusqu'à 0,60 *m* au-dessous de la ligne de pente du projet, et ne laisse au-dessus de l'horizontale que 0,10 *m* d'eau à Vernon et 0,20 *m* à Méricourt.

Le profil pour le débit de 150 m^3 lui-même est dans presque toute sa longueur au-dessous de la ligne du projet ; la différence atteint 0,16 *m* au kilomètre 176.

Voilà ce que dit la théorie, mais en pratique d'autres causes interviennent encore pour rapprocher la ligne superficielle de l'horizontale : d'abord le lit de la Seine est loin de présenter un profil longitudinal rectiligne, il y a des seuils et des bas-fonds nombreux qui occasionnent à la superficie de l'eau des ressauts

locaux précédés et suivis de dépressions sensibles; ensuite, un effet considérable sur la tenue du plan d'eau est produit par les manœuvres des barrages, qui peuvent amener une dénivellation générale ou partielle atteignant parfois (même sans accident ni fausse manœuvre) 0,20 *m* et 0,25 *m* de hauteur.

On comprend donc qu'il peut arriver souvent qu'en bas étiage et à la suite de manœuvres diverses la ligne d'eau se confonde sur une assez grande longueur du bief avec l'horizontale passant par la crête du barrage d'aval et ne la dépasse dans le surplus que de quelques centimètres, et l'on doit conclure qu'il est plus près de la vérité technique de baser le règlement du lit du canal sur cette ligne horizontale que de l'établir sur une ligne de pente que l'on n'est pas du tout assuré de pouvoir maintenir en supposant même qu'on pût l'obtenir.

II. — SITUATION QUI SERAIT FAITE A TOUTE LA RÉGION DE LA BOUCLE D'ELBEUF PAR SUITE DE LA COUPURE D'OISSEL ET LA SUPPRESSION DU BARRAGE DE MARTOT.

M. Bouquet de la Grye prétend qu'il rétablit là un état ancien et qu'il ne fait que restituer au régime des marées 15 *km* du lit du fleuve. Cette affirmation ne peut résulter que d'un malentendu sur lequel il y a lieu de s'expliquer.

Dans l'état ancien le lit de la Seine, depuis Poses jusqu'à Rouen, avait une pente qui n'était pas moindre de 4 *m* de hauteur totale dont 2 *m* environ de Rouen jusqu'à Martot et 2 *m* environ de Martot jusqu'à Poses.

La ligne d'eau suivait une pente analogue et la marée se faisant sentir avait pour effet, en élevant le niveau, de refouler l'eau du fleuve progressivement jusqu'à Poses, où les variations dues au flot étaient à peu près nulles.

Le projet change complètement ces conditions en prolongeant le bassin de Rouen à niveau jusqu'à Poses, par le creusement d'un chenal de 6,20 *m* de profondeur suivant la coupure d'Oissel, et dans lequel la surface de l'eau s'élèvera ou s'abaissera à peu près exactement comme la montée et la descente du flot à Rouen, sauf avec une légère pente vers Poses, en raison de l'eau débitée par le déversoir du barrage établi en ce point. Les riverains, dans la boucle d'Elbeuf, verront alors en basses eaux leur bassin fluvial se vider, par l'amont et l'aval, dans le nouveau chenal, et en hautes eaux ils n'auront plus que la hauteur du flot à Rouen

avec un assez faible excédent, ce qui, somme toute, leur causera un abaissement permanent d'au moins 1,50 *m* avec des variations continuelles pouvant porter cet abaissement à 2 *m* et même 2,50 *m* et 3 *m*, selon l'importance des marées.

Pour les sauver de cette situation inacceptable, il faudrait transformer toute la boucle en un bief spécial, muni à l'amont et à l'aval d'ouvrages hydrauliques délicats et coûteux, avec écluses et portes d'entrée et de retenue.

Le projet ne prévoit nullement ces ouvrages, et l'on comprend très bien les protestations des populations de cette partie de la Seine. En tous cas, ce n'est pas du tout rétablir l'état ancien du régime des marées ; cet ancien régime n'était pas, d'ailleurs, satisfaisant, puisqu'il a fallu le modifier par la construction du barrage éclusé de Martot.

III. — POUR JUSTIFIER LA TRANSFORMATION DES PONTS FIXES DE ROUEN EN PONTS MOBILES, M. BOUQUET DE LA GRYE INVOQUE L'EXEMPLE DU PONT DE LA RUE DE CRIMÉE, A PARIS.

Quelles différences considérables ne voit-on pas entre ces ouvrages ?

Les ponts de Rouen réunissent deux parties de la ville, fort importantes l'une et l'autre, qui n'ont de communication possible que par l'intermédiaire de ces seuls passages ouverts aux voitures et aux piétons.

Le pont de la rue de Crimée, à Paris, ne met en contact que les quais opposés du bassin de la Villette et les deux sections d'un même quartier, très excentrique ; d'ailleurs, à 300 *m* au-delà se trouve la rue de l'Ourcq, et à l'extrémité du bassin la communication transversale est largement assurée pour le roulage. Mais, en outre, les relations de ce quartier avec l'intérieur de la ville qui sont infininiment plus importantes, sont admirablement desservies par huit voies latérales au bassin de la Villette, parallèles ou obliques, et quand on se dirige vers ce point on sait toujours si l'on doit aller à droite ou à gauche du bassin, et l'on prend sa route en conséquence.

Enfin, le pont de la rue de Crimée ne livre passage qu'à des bateaux de moins de 40 *m* de long et de 5 *m* de large, sans mâture et non pas, comme devraient le faire les ponts de Rouen, à des navires mâtés pouvant avoir 100 *m* et plus de longueur, et 8 *m* à 12 *m* de largeur.

Il n'y a donc pas d'assimilation possible.

IV. — Toujours au sujet des ponts mobiles qui donnent lieu à tant de critiques justifiées, M. Bouquet de la Grye oppose l'exemple du pont-canal tournant du canal maritime de Manchester.

C'est, en effet, un ouvrage fort curieux et unique en son genre. — Mais il faut considérer que lorsque la voie maritime entre Liverpool et Manchester sera ouverte, la batellerie n'aura plus beaucoup à se servir du petit canal et que le trafic se trouvera, par cette voie, notablement restreint; que, d'ailleurs, ce pont-canal sera normalement ouvert aux navires de mer; il ne laissera passer les chalands que lorsque la voie maritime sera libre et il reprendra aussitôt après sa position normale. Ces conditions spéciales n'ont donc aucun point de similitude avec celles exigées par les ponts-routes du projet de Paris port de mer.

V. — Questions économiques.

Dans les observations critiques que j'ai soumises à la Société les questions économiques et financières n'ont été à dessein qu'effleurées. Elles ont été traitées très complètement et avec toute autorité par nos collègues, MM. Fleury, Wauthier, Edmond Roy, Molinos et de Coëne, et il n'y aurait pas lieu d'y revenir, si, dans sa réfutation, M. Bouquet de la Grye n'avait fait apparaître pour l'armateur qui enverrait son navire à Paris au lieu de l'arrêter à Rouen un avantage tellement imprévu et extraordinaire, qu'on ne peut laisser sans examen son argumentation.

Il en résulterait qu'après l'acquit des taxes, 6 500 *f*, et les frais du voyage supposé de deux jours de Rouen à Paris et retour, 1 200 *f*, cet armateur ferait encore un bénéfice de 10 725 *f* par voyage; et cela simplement par la possibilité de débarquer sa cargaison à Clichy et d'y trouver 500 *t* de plus de fret de retour.

Ce bénéfice supplémentaire (qui ne serait pas moindre de 10 *f* par tonneau de jauge) se composerait, d'après M. Bouquet de la Grye, de trois éléments :

1° D'une économie de 1 100 *f* que réaliserait l'armateur en faisant porter sa cargaison de 1 500 *t* à Paris et remporter 500 *t* supplémentaires par son bateau lui-même, ce qui occasionnerait

une dépense de 7 700 *f*, au lieu de faire ces deux opérations par la batellerie moyennant une dépense de 8 800 *f*, ci. . . 1 100 *f*

2° Du fret reçu par l'armateur pour ces 500 *t* de supplément à 10 *f* par tonne. 5 000

3° De 4 625 *f* représentant la différence des prix du fret pour Rouen et pour Paris, estimée à 2,33 *f* par tonne et appliquée aux 1 500 *t* du chargement à l'entrée et aux 1 000 *t* du chargement à la sortie, soit 5 825 *f*, mais diminuée de 1 200 *f* pour la dépense de deux journées du navire, ci. 4 625

Ensemble. . . . . 10 725 *f*

Ce raisonnement se résume à réunir des quantités de nature différente, à rassembler dans un total hétérogène un bénéfice discutable, avec un produit brut et avec un manque à gagner, — et à présenter ce résultat comme un bénéfice bien réel. — Ce n'est ni logique ni admissible. Et, en effet, l'article 1er ne montre un bénéfice de 1 100 *f* que parce que M. Bouquet de la Grye estime que le navire ne prendra que deux jours pour monter à Paris et redescendre à Rouen, tandis qu'il mettra moyennement quatre jours pour faire le voyage ; il faut donc ajouter le prix de deux journées en plus, soit 1 200 *f*. De plus, il faut tenir compte de l'assurance supplémentaire dont il n'est pas parlé, soit d'au moins 200 *f*, et de l'excédent du camionnage obligé et onéreux à effectuer depuis le port de Clichy jusqu'aux points d'arrivée de la marchandise plus proches des ports de Paris, soit d'au moins en moyenne 1,50 *f* par tonne, ce qui, pour 1 500 *t* à l'entrée et 500 *t* à la sortie, fait 3 000 *f*.

En introduisant ces éléments, la prétendue économie de 1 100 *f* se changerait en un surcroît de dépense de 3 300 *f*.

Le produit de l'article 2, le fret de 5 000 *f* reçu pour 500 *t*, est aussi bien acquis à l'armateur, qu'il fasse descendre de Paris à Rouen par la batellerie ces 500 *t* de chargement ou qu'il les charge par son navire lui-même à Clichy. Ce n'est donc pas un bénéfice, mais un produit brut, qui est le même dans les deux cas. Quant aux 4 625 *f* de l'article 3, on est assez surpris de voir M. Bouquet de la Grye s'armer, pour défendre son projet, d'une critique de la Chambre des courtiers de Rouen.

Le prix supplémentaire de 2,33 *f* la tonne pour transport de Rouen à Paris, indiqué comme logique par les courtiers de Rouen, fut le résultat d'un calcul sur le moindre nombre de voyages que

pourrait faire par an un navire charbonnier venant à Paris au lieu de s'arrêter à Rouen. Ce calcul aboutissait à un nombre de tonnes transportées en moins chaque année, tel que pour arriver au même produit annuel il fallait que le prix de la tonne transportée à Paris fût majoré de 2,33 *f*. Ce chiffre n'est donc pas un gain mais, au contraire, la représentation d'un déficit, d'un manque à gagner qu'il faut couvrir.

L'examen approfondi des choses fait donc tout d'abord s'évanouir les 10 725 *f* de bénéfices promis à l'armateur qui enverrait son navire à Paris.

Mais quel serait, en réalité, le calcul que ferait cet armateur, en admettant que son navire effectue sur Rouen, par an, en moyenne dix voyages de trente-six jours, repos compris, et lui rapporte l'un dans l'autre, par voyage, un produit de 27 000 *f*?

Il va recevoir un navire chargé de 1 500 *t* pour le centre de Paris et il veut réexpédier, sans perdre de temps, son navire avec 1 000 *t* de chargement; il en trouve 500 à Rouen et sait qu'il en trouvera 500 autres à Paris (1).

S'il arrête le navire à Rouen, il transbordera les 1 500 *t* importées sur chalands et les livrera à Paris à un quai de l'intérieur. En même temps il aura fait descendre de Paris par la batellerie, et d'avance, les 500 *t* qui compléteront à 1 000 *t* son chargement de sortie en s'ajoutant aux 500 *t* fournies par le port de Rouen.

Cette opération lui coûtera, en plus des frais communs :

1° Droits et frais à Rouen.	600 *f*
2° Transbordement et transport à Paris de 1 500 *t* à 4 *f*.	6 000
3° Transport et transbordement de 500 *t* venant de Paris à 3 *f*.	1 500
TOTAL.	8 100 *f*

Mais il aura économisé, d'autre part, en ne remontant pas le canal de la Seine :

1° La taxe à payer au canal.	6 500 *f*
2° L'assurance supplémentaire.	200
3° Le camionnage supplémentaire entre Clichy et Paris, soit pour 2 000 *t* à 1,50 *f*.	3 000
A reporter. . .	9 700

(1) Ces chiffres sont adoptés ici parce que ce sont ceux admis par M. Bouquet de la Grye et qu'il faut bien les conserver sans les discuter, au moins pour la comparaison à faire.

Report. . .	9 700
4° Quatre jours pour monter à Paris et en redescendre, soit 1/9 du temps employé pour un voyage moyen, ce qui représente à 27 000 *f* par voyage. .	3 000
Total.	12 700 *f* (1)

L'armateur aura donc, suivant ce calcul, un avantage chiffré par 12 700 *f* — 8 100 *f* = 4 600 *f* à se servir de la batellerie entre Rouen et Paris.

Il éprouverait, au contraire, un préjudice équivalent à faire remonter son navire jusqu'à Paris, ce qui est bien différent des 10 725 *f* de bénéfice annoncés.

VI. — Résultats de l'enquête

A la fin de sa réfutation, M. Bouquet de la Grye manifeste la plus grande confiance dans les résultats, favorables, dit-il, de l'enquête ouverte sur son projet pour déterminer le Ministre à présenter un projet de loi et le Parlement à octroyer la concession qu'il sollicite.

Les dires de l'enquête ont été appréciés et jugés officiellement et ont été l'objet d'un rapport et d'une délibération nouvelle et unanime du Conseil général des Ponts et chaussées, tout à fait contraire à ces espérances.

Il résulterait de ces documents que la consultation de 114 Chambres de commerce ayant répondu se divise en 53 avis favorables, 58 défavorables et 3 avis indifférents. Dans les premiers sont compris 14 avis formulés avec des réserves qui ne paraissent pas avoir un caractèrere d'empêchement a l'exécution du projet. Dans les seconds sont compris 9 avis suivis de réserves de telle nature qu'elles impliquent son rejet ou au moins son ajournement indéfini.

Sur les quatre départements consultés, Seine, Seine-et-Oise, Eure et Seine-Inférieure les conclusions de deux des commissions d'enquête départementale, sont nettement défavorables : ce sont celles de la Seine-Inférieure et de Seine-et-Oise.

L'avis de la commission du département de l'Eure est favorable en principe, mais il est mitigé par de nombreuses réserves,

(1) En supposant que le voyage ne prenne que trois jours dans les conditions les plus favorables, cette économie se réduirait à 1/12 du voyage, soit à 1/12 de 27 000 = 2 500 *f* au lieu de 3 000.

entre autres, que les droits de quai ne soient pas abandonnés à la Compagnie du Canal, non plus que le droit de propriété sur les chemins et berges de halage et sur les terrains remblayés.

Il faut rapprocher de ces réserves celle formulée par la Chambre de commerce d'Evreux, de ne pouvoir modifier aucun des ouvrages existant sur la Seine « sans, au préalable, déposer à la Caisse des Consignations somme suffisante pour les rétablir dans leur état primitif, s'il y a lieu ». On devine jusqu'où une telle réserve peut mener : elle nécessiterait le dépôt d'un capital de garantie au moins égal à celui utilisable pour la construction du canal.

Quant au département de la Seine, l'avis de la commission d'enquête est favorable, mais il ne laisse pas cependant d'indiquer des réserves fort importantes : celle-ci notamment que « les parties du » chenal de la Seine non incorporées dans le canal maritime se- » ront entretenues par la Société au tirant d'eau de 3,20 *m* ».

Il en résulterait l'obligation de maintenir en dehors du chenal maritime un lit majeur réservé à la batellerie, au prix de dragages considérables. Cette réserve prouve que l'on n'a pas tenu grand compte, même dans les milieux les mieux disposés en faveur du canal maritime, du spirituel argument des promoteurs qui prétendaient que creuser un chenal spécial pour la batellerie ce serait imiter le philosophe distrait qui voulait à côté d'une grande chatière sur son toit, une chatière plus petite pour le passage exclusif de son petit chat.

Il y a encore dans les dires de l'enquête des pétitions particulières comportant 355 000 signatures favorables et 38 000 défavorables, mais le rapport fait observer que les pétitionnaires en faveur du projet ont donné des raisons peu développées et réduites à des termes généraux et vagues, relatifs à la grandeur de la France, à l'intérêt de son commerce, à la défense nationale et au ravitaillement de Paris, que 16 500 de ces signatures seulement sont légalisées et que la plupart ont été apposées au bas de formules imprimées, distribuées par la Société d'Études du Canal, tandis que les pétitions opposantes sont presque toutes légalisées (37 500 sur 38 000), que leurs dires sont très développés, étudient en détail tous les points du projet et présentent des objections très sérieuses.

Il semble bien résulter de ce dépouillement, vérifié par une autorité officielle et compétente, que l'enquête offre dans son ensemble une majorité de dires plutôt défavorable que favorable à la concession demandée.

VII. — Conclusions.

Tels sont les points principaux sur lesquels la dissertation produite par l'honorable auteur du projet de Paris Port de mer me paraissait appeler quelques mots de réponse.

Je crois pouvoir revenir à ma conclusion : qu'il est plus urgent de développer nos voies navigables en général que d'amplifier le régime de la Seine actuelle pour lui faire porter les grands navires de mer, lesquels très probablement ne s'y hasarderaient pas ; cela en tous cas constituerait, par l'emploi des moyens exposés dans le projet de la Société d'Études, un danger certain au point de vue hydrologique et hydrographique.

On a parlé d'un canal vers le nord, mais d'autres encore ont été étudiés et proposés, et mériteraient d'être exécutés. Si nous considérons en effet d'une manière générale les moyens de transport dont nous disposons en France, nous voyons que les chemins de fer pour lesquels on aura dépensé bientôt 15 milliards de francs ne sont pas très éloignés du moment où ils atteindront à peu près la limite raisonnable de leur capacité de trafic. Les Compagnies sont obligées de doubler leurs lignes près des grands centres. Les gares sont souvent encombrées et profitent autant qu'elles le peuvent de tous les moyens pour augmenter les délais accordés pour le départ et la livraison des marchandises et en tous cas pour épuiser les délais légaux. C'est ainsi que l'on reçoit souvent huit jours après la mise en gare, des expéditions parcourant moins de 250 *kg*. Enfin, certains indices font craindre que le recrutement du personnel de la traction devienne de plus en plus difficile et que son niveau professionnel ne s'abaisse, tandis que son importance croit sans cesse.

Le moment paraît donc venu de s'inquiéter sérieusement de rétablir l'équilibre qui devrait exister, pour la bonne répartition des transports entre les chemins de fer et les voies navigables, en réservant aux premiers les expéditions rapides des marchandises de valeur et en confiant aux secondes les convois de matières pondéreuses et de faible prix qui peuvent subir quelque délai et s'emmagasiner.

C'est tout un programme de travaux nouveaux en perspective et qui comporte de nombreux problèmes à résoudre : questions d'aménagement des eaux et de leur retenue dans les parties hautes des vallées ; questions relatives à la constitution d'un réseau de canaux uniformes comme dimensions d'écluses et tirant d'eau, dont

les réparations puissent se faire sans chômage ; questions d'amélioration des voies fluviales, de progrès à réaliser dans les modes de traction, les formes des bateaux et chalands, et l'organisation des services de batellerie.

Presque tout est à faire dans cette voie et quand on sait le parti que nos voisins, et surtout les Hollandais et les Belges, tirent de leurs voies d'eau, on ne peut que désirer que les Ingénieurs français s'adonnent à ces problèmes pour les résoudre au mieux des intérêts et de la grandeur de notre beau pays.

OBSERVATIONS

SUR LE PROJET DE

PARIS PORT DE MER

PAR

M. L.-L. VAUTHIER

(Séance du 6 Novembre 1891.)

La parole est à M. Vauthier.

M. L.-L. VAUTHIER. — J'arrive bien tard dans une discussion où tout a été dit. Je crains d'être pour vous la dernière goutte qui fera déborder le vase de l'ennui. M. le Président m'invite à être bref, M. Bouquet de la Grye n'est pas là, ce que je regrette vivement, puisque c'est la maladie qui l'empêche d'être au milieu de nous. Je vais faire effort pour lutter contre toutes ces circonstances défavorables; je me hâterai le plus possible; je procéderai par assertions, mais vous pouvez être certains que j'ai les démonstrations en main; et, si je ne vous donne qu'un squelette, je me réserve, par la plume, d'en faire un corps un peu plus consistant.

Le projet que nous discutons se pare, un peu tapageusement peut-être, d'une magnifique enseigne.

Faut-il, comme y ont songé quelques-uns de nos devanciers, sinon faire de Paris un port de mer, du moins y amener les navires de mer? C'est là une question que je laisse de côté et que je réserve absolument. Je ne m'occupe, c'est bien entendu, que du projet actuel, caractérisé de la façon que vous savez: d'un projet ouvrant, depuis Rouen, dans le lit de la Seine, un canal de 6,20 *m* de mouillage et de 35 *m* de largeur au plafond, avec 7 *m* de hauteur d'eau sur le seuil de ses écluses.

S'il s'agissait pour nous de rivaliser commercialement avec Londres, en faisant de Paris *l'emporium* continental de l'occident de l'Europe, combien ce programme serait mesquin, et par quel coefficient ne faudrait-il pas multiplier les 150 millions de dépenses prévus !

M. Bouquet de la Grye l'a dit lui-même, dans cette forme élégante qui lui appartient : la profondeur de 8 *m* est aujourd'hui *la régulatrice* des marines commerciales du globe. Pas de grand port, à cette heure, sans cette condition indispensable. Ceux qui ne la possèdent pas font effort pour se la procurer. Plusieurs qui en jouissent, comme New-York, cherchent à aller au delà.

Pourquoi M. de la Grye n'adopte-t-il pas la profondeur réglementaire et se borne-t-il à 6 *m* ? La Seine maritime, dit-il, ne donne pas davantage. D'abord, cela est inexact. Rouen reçoit en vives eaux des navires tirant 6,50 *m* et plus, et l'estuaire, dont le chenal gagne en stabilité, s'améliore chaque jour, quoique les travaux propres à assurer et hâter cette amélioration soient encore en suspens. On marche, pour la Seine maritime, vers des mouillages de 7,50 *m* en mortes eaux, soit plus de 8,50 *m* en vives eaux. Dans ces conditions, la limitation à 6 *m* à l'amont de Rouen est une véritable inconséquence ; ou, si l'on en démontrait le bien fondé, s'il fallait que Rouen renonçât à jamais aux 8 *m* qu'il attend, ne serait-ce pas une inconséquence plus forte encore que de placer au fond d'une impasse le port de Paris, pour lequel on rêve un rôle si grandiose ?

Par ce point de départ, la conception est radicalement fausse, et, à l'appui de ce dire, je citerai, en passant, un fait topique que l'actualité me fournit. On attendait au Havre, le 22 septembre dernier, provenant de San-Francisco et de l'Orégon, 53 voiliers chargés de blé ; sur ce nombre, 46, tirant plus de dix-neuf pieds anglais, ne pourraient monter à Paris, le canal fût-il fait ; et sur les 50 que le Havre attendait des mêmes ports, le 31 octobre, 43 se trouvent dans le même cas. Quelle peut être, je vous le demande, la valeur d'un port inaccessible à ce point aux arrivages de la grande navigation ?

« Paris Port de mer » n'est donc qu'une vaine et fallacieuse étiquette.

Laissons-la de côté, et, sans nous en occuper davantage, étudions en lui-même le canal maritime projeté, tel qu'on nous le propose.

Entre autres questions, cette étude m'a conduit à me poser les trois suivantes :

La voie projetée est-elle appropriée au véhicule qu'on lui destine?

Admit-on ce premier point, est-ce dans le lit même du fleuve que cette voie devrait être établie?

Enfin, la voie nouvelle, dans les conditions de péage fixées au projet, présente-t-elle une utilité économique quelconque?

Ce sont là les seuls points que je me propose d'examiner, ce soir, devant vous.

Le dernier a déjà été débattu ici, à fond. La démonstration, quant à moi, me paraît complète. Aussi me bornerai-je à lui donner plus de force par quelques indications complémentaires. Si je débutais par là, et que j'eusse la bonne fortune de vous convaincre, vous me dispenseriez volontiers du reste. Or, ce reste, je tiens à vous en dire quelques mots, et je vais commencer par le premier point, thèse un peu abstraite, à laquelle, cependant, il me paraît intéressant de toucher, à un moment où surgissent à outrance, de toutes parts, des projets plus ou moins bien assis de ports de mer à créer dans les hautes terres.

Certes, en soi, la pénétration de la navigation maritime au sein des continents est chose excellente. Je suis trop partisan des ports intérieurs, je l'ai trop affirmé et suis trop convaincu de leur supériorité commerciale pour m'en dédire. Que les navires de mer remontent avec le flot le plus avant que leur permettent, à l'aide du travail de l'homme, les conditions naturelles, c'est pour le mieux. Mais ce n'est point ici le cas; les conditions naturelles y font défaut. M. Bouquet de la Grye reproche aux Ingénieurs officiels de se déjuger, parce que, dans les congrès internationaux, ils adhèrent aux pénétrations maritimes, et qu'ils repoussent ensuite son projet. Je n'ai pas à défendre mes camarades des Ponts et Chaussées. Mais il n'y a point ici, de leur part, contradiction. Si un cataclysme, qui gênerait ses contemporains en beaucoup de choses, abaissait de 27 *m* le sol de Paris, nos descendants, une fois les blessures pansées, se féliciteraient probablement et tireraient certainement parti d'un événement ayant eu pour effet d'amener le flot marin à plus de 200 *km* à l'intérieur des terres. Mais ces 27 *m*, M. de la Grye ne les supprime pas. A moins d'enterrer profondément son canal, comme y ont songé quelques esprits aventureux, et comme il le faisait lui-même lors de son projet de Poissy, il est obligé de racheter cette différence de ni-

veau. Il faut pour cela des écluses. Les écluses, il serait absurde de les exclure absolument. Mais, M. de la Grye en convient lui-même, elles constituent un grave inconvénient, et cet inconvénient est tel qu'il suffit, dans l'espèce, pour rendre le projet irrationnel et le faire écarter. Écoutons ce que nous dit des écluses le promoteur du projet, à la page 19 de son *Rapport sommaire* de 1886, auquel j'emprunte cette citation :

« Il est admis dans la pratique de la navigation que *toute écluse* » *est une entrave qui fait perdre du temps et de l'argent; on en tolère* » *quelques-unes*, mais il serait, par exemple, *impossible* de faire » comprendre à un capitaine qu'il doit se faire sasser *huit fois* » pour aller de la mer à Paris et monter seulement à chaque » fois de 2 ou 3 *m;* il est habitué à franchir des hauteurs plus » grandes lorsqu'il entre à mer basse dans un bassin, et il pré- » férerait s'arrêter à Rouen que de continuer en amont un che- » min à la fois long et ennuyeux. Les différences des hauteurs » des biefs doivent donc être aussi grandes que la pratique le » permet, et des valeurs comprises entre 6 et 7 *m* sont parfaite- » ment acceptables, lorsqu'on n'a aucunement à ménager l'eau » des éclusées. »

Ce à quoi il ajoute :

« Les entraves mises à la navigation par des écluses, la néces- » sité de stopper longtemps d'avance, d'amortir l'erre par des » moyens artificiels, si le vent est violent et vient de l'arrière, » nous avaient conduit, dans un premier projet, à faire un canal » à niveau entre Poissy et la mer. »

Une partie de ce qui précède a pour objet de justifier la grande hauteur de chute donnée aux écluses. Mais avec quelle force sont par là mis en relief les inconvénients qui s'attachent à celles-ci. Et encore M. de la Grye est loin d'avoir tout signalé.

Où a-t-il vu, se demande-t-on tout d'abord, des ports possédant des écluses à flot où les grands navires pénètrent à basse mer pour s'y faire sasser? Cela est difficile à comprendre. Dans de tels ports, où les grands navires flotteraient à mer basse, il n'y aurait ni bassins à flot, ni écluses. On fait bien aujourd'hui des bassins de mi-marée qui sont des écluses à sas. Mais ces sas sont relativement énormes et la hauteur à franchir n'est jamais grande. En fait, dans la plupart des cas, les écluses de bassins à flot sont de simples goulets, garnis de portes s'ouvrant à haute mer, où le navire passe, dans un sens ou dans l'autre, sans avoir besoin d'ar-

river momentanément à l'immobilité. Il en serait tout autrement dans les écluses du canal maritime parisien. Celles-ci ne pourraient avoir que des dimensions en longueur limitées. Le navire montant ou descendant devrait y entrer sans vitesse appréciable, au risque de briser les portes d'amont ou d'aval. Une opération de ce genre est de celles qui exigent des précautions considérables, que fait pressentir le dernier passage emprunté tout à l'heure à M. Bouquet de la Grye. Mais qu'on lise à ce propos, pour se mieux convaincre, ce que dit M. le contre-amiral de Pritzbuer du sassement des cuirassés dans le *Canal* projeté *des deux mers*. L'opération lui paraît si grosse de difficultés de toutes sortes qu'elle constitue pour lui la plus forte objection contre le projet précité, auquel, vous le savez, nul ne songe plus aujourd'hui. M. de la Grye dira qu'il ne compte pas amener à Paris de cuirassés. Cela est vrai. Mais il nous parle d'y faire monter des navires de 5 000 T (1), de construction spéciale. Au chargement de 1 500 *kg* par Tonneau sur lequel il compte, ces navires pèseraient de 9 000 à 10 000 *t*, pour le moins. Cela nous rapproche beaucoup de la masse des cuirassés.

Les écluses à sas dans le parcours d'un canal de mer sont donc une grosse et grave objection. Des exemples de ce genre apparaîtront peut-être ; mais il n'en existe pas encore. Suez n'a pas d'écluses, la Clyde non plus. Le canal d'Amsterdam à la mer n'en a qu'une seule, à son débouché dans la mer du Nord, dont les marées sont très faibles. Tous les autres canaux maritimes artificiels connus : la rectification du Weser en aval de Brème, la voie maritime entre Stettin et la mer Baltique, le bras de Soulina du bas Danube, l'embranchement de la Vistule au-dessous de Dantzig, la passe Sud du Mississipi, sont des canaux courts, à plein niveau, sans écluses. Un seul canal, préparé pour navires de mer, va en comporter, le canal de Manchester. Mais il n'est pas fait ; et, si ce canal rachète une différence de niveau comparable à celle de Paris au-dessus de la mer, je dirai tout à l'heure par quelle circonstance il diffère essentiellement de celui de M. de la Grye.

Nous sommes donc en présence d'une expérience tout à fait nouvelle, sans précédents ni faits analogues. M. de la Grye nous dit que jusqu'à quatre, les capitaines de mer s'accommoderont des écluses. Au delà, ils se révolteraient. Pour la science du moyen âge, la nature n'avait horreur du vide que jusqu'à 32 pieds.

(1) Le Tonneau de jauge, mesure de capacité, qui ne doit pas être confondu avec la tonne, mesure de poids, sera toujours, ci-après, écrit avec une capitale.

Ici, c'est seulement au delà de quatre que commence celle des marins pour les écluses. La chose est bizarre; admettons-la. Il n'en est pas moins vrai qu'un navire, parti du Havre, pour New-York, y revient sans s'être fait sasser une seule fois, car New-York n'a pas de bassins à flot; et ce même navire, continuant sa route sur Paris, aura, avant d'avoir regagné le Havre, subi huit fois cette lente, périlleuse et fastidieuse opération.

A cette objection, intrinsèque pour ainsi dire, s'en ajoutent d'extrinsèques. Dans le nombre de ces dernières, la plus grave est celle du passage des ponts. Dans les canaux artificiels que j'ai cités ci-dessus, bien peu sont coupés de ponts. Le canal d'Amsterdam à la mer en a deux, je crois, mais beaucoup d'autres n'en ont pas. Et vous savez ce qui en est de la Seine avec ses vingt-huit ponts à franchir en amont de Rouen.

Ce point a été trop complètement élucidé ici pour que je m'y appesantisse. Qu'il me soit seulement permis de faire remarquer, à ce propos, combien les ingénieurs officiels ont été modérés dans l'appréciation de la gêne que causerait l'ouverture de ces ponts à la circulation ordinaire.

Pour évaluer cette gêne, ils ont tablé, c'était leur devoir, non sur un trafic minimum, comme le fait l'auteur du projet, mais sur le plein trafic qu'espère avoir M. de la Grye. C'est en partant de là, supposant aux navires une jauge moyenne de 1 000 T et admettant la possibilité, bien rarement réalisable, du passage simultané de deux navires, qu'ils sont arrivés, avec une durée moyenne d'ouverture de dix minutes et demie (de neuf à douze minutes), à des interruptions variant : en faible circulation, de quarante-cinq minutes à une heure; en forte circulation, de trois à quatre heures.

Toutes ces données sont trop favorables, et la conclusion pèche fortement par défaut.

D'abord, l'hypothèse des passages simultanés semble devoir être complètement écartée. Quant au tonnage moyen du navire de mer, qui, pour l'ensemble des ports français, représentait, en 1887, cabotage compris, 216 T seulement, et, commerce extérieur seul, pas plus de 434 T, il ne dépassait pas, pour les grands ports, exclusion faite du cabotage, 600 ou 700 T. En prenant pour Paris, qui ne recevrait pas les tonnages élevés, le premier de ces chiffres, nous serons certainement au-dessus de la réalité; d'où il suit que, lorsque les Ingénieurs officiels comptent de sept à vingt-huit passages par jour, nous devons en compter deux tiers en sus; ce qui

nous amène finalement, sans forcer leurs durées de passage, à des interruptions variant : en faible circulation, de une heure quarante-cinq minutes à deux heures vingt minutes; en forte circulation, de sept heures à neuf heures vingt minutes.

Dans ces conditions, la gêne causée à la circulation ordinaire serait énorme. Que serait-ce donc si l'on donnait à la durée moyenne de chaque interruption sa véritable valeur?

Pour l'évaluation de cet élément, l'auteur du projet, qui conclut à sept minutes, s'appuie d'un sous-détail théorique. En semblable matière, rien n'est plus décevant.

Les Ingénieurs officiels ont suivi le même procédé, au lieu d'utiliser, par comparaison, un fait pratique qu'ils avaient sous la main : nous voulons parler de ce pont mobile de la rue de Crimée, qu'invoque M. de la Grye pour consoler Rouen par avance de l'interruption possible de ses communications avec Saint-Sever et les quais de la rive gauche.

Ce pont de la rue de Crimée est un joujou de 15 *m* de portée dont la manœuvre ne ressemble en rien à celle de travées mobiles de 30 *m*. De plus, ce à quoi ce pont livre passage, de dix-huit à vingt et une fois par jour, ce sont : un toueur de service régulier avec son train, puis quelques vapeurs et bateaux isolés d'un faible tonnage. Dans ces conditions, chaque interruption est de dix minutes en moyenne. C'est à très peu près celle que MM. les Ingénieurs ont admise. Pour des navires de mer, soumis aux difficultés que vous savez, ce chiffre doit être notablement augmenté. Pour en juger, voyons ce que nous dit, au sujet du passage des ponts, M. Bouquet de la Grye lui-même, et cela en vue d'établir combien la chose sera facile. C'est à sa *Réponse* de 1888 aux critiques des Ingénieurs que j'emprunte ce passage :

« Il nous reste à démontrer qu'une distance de 200 *m* est suffi-
» sante pour arrêter la marche d'un navire filant 6 nœuds,
» lorsque ce mouvement se fait dans les circonstances que nous
» avons indiquées.

» Les pilotes veilleront alors à ce qu'une ancre à jet soit tou-
» jours suspendue à l'arrière, traînant à demeure dans l'eau, pour
» qu'en mollissant au commandement 1 *m* de chaine, elle ripe
» sur le fond.

» Si le navire évolue seul, cette première diminution de la
» vitesse, augmentée de l'effet de l'hélice marchant en arrière,
» permettra de venir *coller le bateau* sur une des estacades qui

» précéderont et suivront les ponts, et des amarres jetées du » bord finiront l'amortissement de l'erre.

» Si les navires sont en convoi montant, la chaîne de l'arrière » serait un peu filée, la machine mise en marche à l'arrière et on » mouillerait devant pour rester debout au courant ; l'ancre à jet » serait ensuite levée.

» Quelques précautions de plus devront être prises en cas de » crue ; comme les courants seront toujours assez faibles et que, » dans le seul passage de Tourville où il serait dangereux de » s'échouer, les bords du canal seront verticaux, ce qui rendra » l'accident impossible, *on n'aura pas, en somme, de difficultés excep-* » *tionnelles* à redouter. »

Tout ce qui précède a pour objet de démontrer qu'il sera possible d'attendre, pour commencer à manœuvrer les travées mobiles, que le navire en pleine marche en soit à 200 *m* seulement, c'est-à-dire à une distance qu'il parcourrait, à la vitesse de 6 nœuds, en moins de 65". Tous ces détails ne sont, certes, de nature qu'à rassurer médiocrement sur le résultat d'une opération qui met en jeu tant de facteurs, dont un seul défaillant peut amener une collision désastreuse. C'est, à chaque passage de pont, presque une manœuvre de navire en perdance que M. de la Grye nous décrit. Dans la pratique, on ne se décidera pas à courir de tels risques. Ou les travées mobiles seraient ouvertes lorsque le navire est à une bien plus grande distance, ou celui-ci n'arriverait à 200 *m* qu'avec son erre à peu près amortie : d'où, dans les deux cas, une augmentation de perte de temps.

J'ajoute que ces manœuvres, déjà délicates pour les navires montants, le seront bien plus encore pour les navires descendants, avec courant par l'arrière. Enfin ce sont toujours des navires automoteurs qu'on met en scène. Et les voiliers, qu'en fait-on ? Quoique les ports français soient favorisés sous ce rapport, la voile figure encore, comme tonnage, pour 20 à 25 0/0 dans leur mouvement maritime, et la proportion croît plutôt qu'elle ne diminue.

Par tous ces motifs, il faut, par analogie avec la rue de Crimée, augmenter au moins de 50 0/0 les temps d'interruption calculés tout à l'heure, et nous arrivons alors à des chiffres qui, pour le mouvement de 5 millions de Tonneaux, et dans les périodes d'activité, constitueraient de véritables interruptions de la circulation ordinaire.

J'en ai déjà trop dit. Je n'insiste pas et n'ajoute rien des objections plus fortes que soulèvent les viaducs de chemins de fer.

A cela l'auteur du projet a plusieurs réponses. L'une d'elles est bizarre. Il nous renvoie à l'ordonnance de Colbert de 1681. La mer prime la terre; le rivage de la mer est inviolable, et ce sont des constructions précaires que celles établies sur les plages où, suivant les termes de l'ordonnance, l'action du grand flot de mars peut s'étendre.

Dans l'application de ces idées aux ponts de la Seine, je n'avais vu d'abord qu'un de ces arguments de polémique qu'on lance un peu à l'aventure. Mais je me trompais. Vous entendiez tout à l'heure l'idée maintenue et affirmée dans la lettre dont il a été donné lecture. Les ponts de Rouen ont été construits sur le domaine maritime; — il en est de même, remarquez-le, et à plus forte raison, du pont de Bordeaux; — sur une simple mise en demeure (de qui à qui? de l'État à l'État probablement?), ces ponts doivent être démolis aux frais de ceux qui les ont fait construire.

La mesure nous paraît, ici, fortement dépassée. D'abord, à supposer que la prétention fût fondée, elle perdrait toute valeur en amont de Martot ou de Pont-de-l'Arche. Mais, pour Rouen même, qui aurait jamais songé, avant le projet de Paris port de mer, à faire remonter le rivage de la mer jusque-là? La délimitation entre le domaine maritime et le domaine fluvial n'a jamais été considérée comme dépendant uniquement d'un phénomène physique. C'est une détermination juridique, dévolue aux pouvoirs publics; et, quant à la Seine, chacun sait que ce n'est ni en amont de Rouen, ni à Rouen, mais bien en aval, dans l'estuaire, par le travers de la pointe du Hode, à quelques kilomètres à peine au-dessus de Honfleur, qu'est fixée la limite des deux domaines. Les ponts de Rouen ont été construits en vertu de déclarations d'utilité publique inattaquables. La loi qu'invoque avec tant d'assurance M. de la Grye n'est donc pas pour lui; bien s'en faut.

Les écluses à sas nous ont fourni une forte objection contre l'idée d'un canal maritime rachetant une notable différence de niveau. Les ponts à franchir en fournissent une nouvelle.

A cette objection, sans parler de celles développées ici par M. Badois, s'en joignent bien d'autres tenant au canal lui-même, mis en rapport avec la nature et les propriétés caractéristiques du véhicule qu'on y veut engager.

Construit avec des formes effilées, fait pour aller vite, disposé pour résister aux chocs de l'eau qui le porte, le navire de mer ne craint qu'une chose, c'est l'approche de la terre et le contact des

corps solides. Ici, réduisant au quart ou au tiers la vitesse qu'il peut développer, inutilisant tout ce qui fait sa valeur nautique, vous l'engagez dans un lit étroit où il rencontre à chaque pas, sous forme de piles de ponts et de bajoyers d'écluses, sans compter les berges d'un canal jalonné, ouvert dans un sol plus ou moins résistant, ces corps solides qu'il redoute. Il y a en cela discordance, et discordance profonde entre le véhicule et la voie que vous lui imposez. Tout ce qui lui sert en haute mer lui devient obstacle. Son gouvernail, disposé pour les grandes vitesses, est, à marche lente, tout à fait insuffisant. Tous ses appendices, ceux verticaux surtout, hautes cheminées, mâts et vergues, indispensables en mer ouverte, se transforment en un bagage encombrant pour lui, terriblement gênant pour le dehors.

Autant le bateau de rivière, avec ses formes massives, son enveloppe ramassée, n'exigeant qu'un faible tirant d'eau, se prête au cheminement sur des eaux affranchies d'agitation superficielle, entre rives rapprochées, autant le navire de mer est placé là hors du milieu pour lequel il a été fait.

Sans doute, on se résigne à cette discordance, lorsqu'il s'agit, comme dans le cas de Suez, d'un gain de temps énorme et d'avantages économiques considérables. Mais ces circonstances déterminantes font ici défaut; la contradiction subsiste dans toute sa force.

Et encore, remarquons-le bien, au fond, tout ce qui se dit à propos des navires de mer appelés à fréquenter Paris se rapporte implicitement à des véhicules automoteurs. C'est toujours de steamers que tacitement on entend parler. Mais les navires à voiles n'existent-ils donc plus sur les mers? Ce serait une étrange erreur de le croire. D'une statistique que j'ai dans les mains, publiée par un bureau auquel le commerce accorde pleine confiance (1), à ce jour les voiliers figurent, comme tonnage, pour plus de 54 0/0 dans le bilan de la flotte commerciale du globe. C'est la France qui en a le moins proportionnellement : 30 0/0 de son tonnage total; pour l'Angleterre, ce n'est encore que 40 0/0; mais, pour l'Amérique du Nord, la proportion s'élève à près de 80 0/0, et la Norvège atteint 90 0/0. Il faut donc pour Paris, à moins de l'inférioriser plus encore que ne le fait son insuffisant mouillage, faire état des voiliers. Vous représentez-vous bien un grand voilier, avec sa haute mâture, si splendide et si efficace en plein océan, circulant, corps inerte, sous l'impulsion d'un remor-

(1) Il s'agit du Bureau *Veritas*.

queur, dans un étroit et sinueux chenal, soumis à l'action du vent, si irrégulière dans une vallée comme celle de la Seine fluviale, sans autre faculté de mouvement propre que celle de gouverner quand il est animé d'une vitesse de marche suffisante, laquelle, si elle était obtenue, deviendrait à chaque pas un danger pour lui ?

On ne saurait trop le dire : l'harmonie nécessaire entre la voie et le véhicule n'existe pas ici. Les canaux maritimes artificiels longs et sinueux avec écluses ne peuvent être que des exceptions dans l'exception. Et placer des navires de mer sur une telle voie de transport, c'est atteler à un lourd camion un cheval de course aux formes sveltes et aux fines allures.

Voilà mon premier propos. Je passe au second.

Admettons que tout ce qui vient d'être dit soit faux, ou que, sans contester la contradiction, on ait des raisons suffisantes pour passer outre. Il faut doter Paris d'un canal maritime. Il n'y a pas à s'en dédire. Est-ce dans le lit de la Seine que ce canal doit être placé ?

M. de la Grye invoque des antériorités. Il se recommande d'Ingénieurs du passé. Il s'est couvert, ici même, du nom de Flachat. Où est-ce que ce dernier, agissant au nom d'une Société particulière, lors de la fièvre des canaux de 1825, plaçait son canal maritime ? Ce canal était latéral au fleuve, avec traversées aussi nombreuses que la situation des plaines riveraines l'y obligeait.

Très peu de temps après, l'Inspecteur général Bérigny, qui, comme Flachat, passait à Rouen derrière Saint-Sever, — c'est un fait à relever, — dressait, de son côté, une étude complète, plaçant à Grenelle, sur la rive gauche, le port de Paris. Comme celui de Flachat, le canal de Bérigny était, en amont de Rouen, un canal latéral, avec huit traversées de la Seine et trois coupures.

On ne trouve, dans le passé, en dehors de conceptions de pure fantaisie, qu'un seul projet empruntant le lit même du fleuve : c'est, en 1760, celui des Ingénieurs Passement et Bellart, que l'illustre Perronet consulté déclarait *irréfléchi*. Un avis analogue était formulé, à propos d'une courte section du projet de 1825, empruntant le lit de la Seine, et cela par les éminents Ingénieurs Prony, Dutens et Cavenne, qui signalaient l'inconvénient, pour les navires de mer, de naviguer en rivière, exposés à l'action des crues.

C'est qu'en effet dans le lit de la Seine ne coulent pas seule-

des eaux aptes à porter des corps flottants. Ce lit est le puissant émissaire de drainage d'un immense territoire. Quelque régulier que soit relativement le régime de la Seine sous l'influence des conditions géologiques de son bassin, et quelque paisible que soit son cours, les variations de débit, avec toutes leurs conséquences, y sont incessantes.

Voici un graphique (1) donnant, année moyenne, la portée du fleuve à Mantes, pour la dernière période décennale. Le débit s'abaisse en étiage jusqu'à 72 m^3 et atteint dans les crues 2250 m^3 : trente et une fois plus. Le débit moyen est de 433 m^3, taux au-dessous duquel il se tient deux cent vingt jours, et le débit de 800 m^3, aux environs duquel cesse la navigabilité, est dépassé moyennement pendant plus de trente jours de l'année, sans que toutes ces fluctuations, liées au jeu des saisons, obéissent à des règles fixes.

Les variations des courants suivent celles des débits. Quel en est le taux ? C'est ce qu'il m'a semblé utile de savoir.

Dans les grandes crues, eu égard à la faiblesse de la pente générale, les vitesses ne sont pas excessives. Aujourd'hui, dans les 170 *km* à l'aval de Carrières-sous-Poissy, — je ne suis pas remonté plus haut, — la vitesse moyenne d'écoulement, que la vitesse de surface excède d'un quart, varie de 2 *m* environ à 1,50 *m*, et descend même à 0,90 *m* aux approches de Rouen. Dans l'état nouveau que créerait le canal maritime, il y aurait, sous l'influence de la coupure de Tourville, un abaissement général du niveau des plus hautes eaux. Cet abaissement, de 1,86 *m* à la coupure, serait en moyenne à l'amont, avec des variations assez fortes d'un point à l'autre, de 0,90 *m* jusqu'à Carrières, sans qu'il en résultât de différence bien sensible dans les vitesses d'écoulement, qui seraient plutôt, en moyenne, diminuées qu'augmentées. Le tout est indiqué dans le graphique que je vous présente (2).

Par les eaux peu élevées, dans le long bief de 81 *km* soutenu par le barrage de Poses, le seul que j'aie complètement étudié, il en serait autrement, et, le canal maritime creusé, les vitesses seraient à la fois plus variables d'un point à l'autre et un peu plus fortes, en moyenne, que dans l'état actuel.

Aux environs de l'étiage, avec le débit de 100 m^3, la vitesse de surface croîtrait, dans l'ensemble, de 0,22 *m* à 0,34 *m*, et les oscillations, qui vont aujourd'hui d'un bief à l'autre, de 0,16 *m* à 0,37 *m*, iraient, dans l'étendue du nouveau bief, de 0,15 *m* à 0,41 *m*.

(1) Voir pl. 49, fig. 1.
(2) Voir pl. 49, fig. 2.

indépendamment, bien entendu, des écarts partiels des vitesses locales avec la vitesse générale, écarts plus multipliés et plus considérables, dans le lit nouveau, que dans le lit des biefs actuels, où les sections se succèdent avec plus de régularité.

Sous les réserves que je viens d'indiquer, au débit de 450 m^3, qui se rapproche beaucoup de l'état moyen des eaux, les changements sont relativement moindres encore que ci-dessus. Toutefois, la vitesse croît, en moyenne, de 0,84 *m* à 0,90 *m*, et les oscillations, qui vont aujourd'hui de 0,76 *m* à 1,19 *m*, iraient, avec le canal maritime, de 0,61 *m* à 1,09 *m*. A quoi il faut ajouter qu'avec ce volume d'eau, il existerait, dans ce dernier cas, à l'endroit des barrages supprimés, des cataractes plus ou moins prononcées, si l'on n'ouvrait dans les radiers des passes excédant notablement la section normale du canal.

Actuellement, sous l'influence de circonstances diverses, c'est aux environs du débit de 800 à 1000 m^3 — au-dessus duquel, je le rappelle, les eaux se tiennent, année moyenne, pendant une trentaine de jours, — que cesse la navigation. En me rapportant à la seule circonstance caractéristique que chaque barrage d'amont soit noyé par celui d'aval, maintenant les eaux à leur tenue normale, j'ai trouvé qu'aujourd'hui, entre Poses et Méricourt, cette circonstance se produit pour des débits variant de 924 à 1 090 m^3, donnant une moyenne de 1 000 et quelques mètres. Puis, j'ai, d'après cela, calculé comment se comporterait, dans ce même intervalle, le canal maritime pour un débit de 1 000 m^3.

Ici, l'avantage revient à ce dernier, sous la réserve éventuelle, toutefois, des cataractes pouvant exister au droit des anciens barrages. La vitesse de surface, qui est aujourd'hui de 1,50 *m* en moyenne, avec des oscillations de 1,24 *m* à 1,78 *m*, n'est plus, dans l'état nouveau, que de 1,36 *m*, avec des oscillations allant de 1,19 *m* a 1,61 *m*.

Il suit de ces indications, résumées dans le tableau ci-après, qu'en basses eaux le régime hydraulique de la Seine serait plutôt, quant aux courants, empiré qu'amélioré pour la batellerie fluviale ; qu'en eaux moyennes, le canal maritime creusé, ce régime resterait à peu près le même, et s'améliorerait plutôt lorsque le débit approche de la limite où cesse la navigation.

Il n'y a pas de graves conséquences contre le canal maritime à tirer de cette analyse en ce qui touche la batellerie. Mais retenons, pour les navires de mer, les vitesses dont je viens de signaler la quotité. Je vais y revenir tout à l'heure, après avoir

RELÈVEMENTS A L'AMONT DES BARRAGES ET VITESSES MOYENNES POUR DIVERS DÉBITS

État actuel. — État nouveau.

POINTS TERMINUS	ÉTIAGE : Q = 100 m^3				EAUX MOYENNES : Q = 450 m^3				ÉTAT DES CHOSES AU MOMENT OU LES ÉCLUSES SONT NOTÉES PAR L'AVAL			ÉTAT DU BIEF DE POSES, LE CANAL CREUSÉ, POUR LE DÉBIT DE 1000 m^3			OBSERVATIONS
	Relèvement		Vitesse moyenne (3)		Relèvement		Vitesse moyenne (3)		Débit	Relèvement (1)	Vitesse moyenne (3)	Débit	Relèvement (2)	Vitesse moyenne (3)	
	actuel (1)	nouveau (2)	actuelle	nouvelle	actuel (1)	nouveau (2)	actuelle	nouvelle							
	m	m	m	m	m	m	m	m	m^3	m	m	m^3	m	m	
Écluse de Poses. .															(1) Ces relèvements sont calculés bief par bief, en supposant que chaque barrage est manœuvré de façon à maintenir, aux écluses, le bief à sa tenue normale.
41 *km* Écluse de N.-D.-de-la-Garenne.	0,064	0,048	0,131	0,120	0,987	0,730	0,529	0,495	993	2,65	0,99	1 000	2,38	0,95	
11 *km* Kilomètre 150	0,024	0,090	0,146	0,221	0,416	0,660	0,620	0,720	924	1,27 (2,33)	1,16	1 000	0,65	0,96	(2) Ces relèvements sont des relèvements successifs à partir du barrage de Poses, supposé maintenu à 8,45 *m*.
5,5 *km* Écl. de Port-Villez.	0,079	0,046	0,278	0,330	0,655	0,480	0,950	0,872	924	1,06	1,42	1 000	0,66	1,29	
24 *km* Écl. de Méricourt.	0,041	0,180	0,145	0,324	0,700	1,710	0,603	0,798	1 090	2,50	1,23	1 000	2,07	1,14	(3) La vitesse au fil de l'eau est les 5/4 ou 1,25 de la vitesse moyenne donnant le débit. Ce sont ces vitesses au fil de l'eau qui sont données dans le texte, en nombres ronds de centimètres.
Totaux et moyenn.	0,208	0,364	0,175	0,274	2,758	3,580	0,676	0,721	1 002	7,48	1,20	1 000	5,76	1,085	

dit un mot de ce qui se passerait à l'aval de Poses, une fois la coupure de Tourville ouverte et le barrage de Martot supprimé.

Il y aurait là une sorte de drame hydraulique assez curieux.

En premier lieu, l'augmentation de section due au canal maritime et au creusement, dans le lit naturel, entre la tête d'amont et la tête d'aval de la coupure, d'un chenal de 3,20 *m* de mouillage, toujours praticable, horizontaliserait à très peu près, de basse mer, le plan d'eau, entre le pont de Brouilly et Poses, quand le débit fluvial est faible ; et c'est sur l'horizontalité absolue du fond du canal que nous avons raisonné.

Dans ces conditions, au débit de 100 m^3, la coupure de Tourville absorbe presque tout le volume d'eau, et en laisse à peine un cinquième, soit 20 m^3, au lit naturel passant devant Elbeuf ; au débit moyen de 450 m^3, le partage est un peu plus favorable, et le lit naturel reçoit environ 100 m^3 d'eau douce ; au débit de 800 m^3, ce chiffre s'élève à 200 m^3, et le partage, dans les grandes crues comme celle de 1876, se ferait, à très peu près, moitié par moitié.

Qu'on ait quelque raison de s'inquiéter à Elbeuf de cette situation, cela n'est pas douteux. Mais voyons, ce qui nous importe surtout pour la navigation maritime, quelles seraient les vitesses dans la coupure de Tourville.

Dans les conditions du calcul, la vitesse de surface, qui atteindrait 3 *m* dans les grandes crues et serait en basses eaux de 0,44 *m* seulement, s'élèverait à 1,70 *m* en eaux moyennes et à 2,70 *m* au débit de 800 m^3. Ce ne sont évidemment pas là des conditions bien favorables à la montée des navires.

D'accord, dira-t-on, mais c'est à haute mer, non à basse mer que ceux-ci monteront, et ces courants seront alors fort amortis. Cela encore est erroné. Le refoulement dû au jeu des marées est relativement très faible en amont de Rouen. A l'extrémité d'aval de la coupure, réparti sur la durée totale d'une demi-marée, il ne représente guère que des débits : en mortes eaux, de 20 m^3 ; en vives eaux, de 125 m^3, auxquels correspondent, à mi-marée, au moment de la plus forte poussée du flot, des débits de 33 m^3 et de 200 m^3, lesquels s'annulent à peu près au moment du plein.

Il resterait donc dans la coupure, au moment le plus favorable, même en vives eaux, une vitesse considérable d'amont en aval, pour peu que le débit des eaux douces fût supérieur à 200 m^3, ce qui se réalise les deux tiers de l'année.

A la situation inadmissible qui serait faite ainsi d'une façon permanente, dans la coupure de Tourville, à la navigation de mer,

il y a un remède coûteux mais facile, signalé par les Ingénieurs officiels : ce serait, en relevant le barrage et rehaussant l'écluse de Martot, d'établir à l'aval de cette coupure une cinquième écluse maritime, si mieux l'on n'aimait prolonger jusque-là le bief de Poses, en acceptant de racheter par la nouvelle écluse une différence de niveau de 8 *m* environ.

Mais, si la dissection hydraulique partielle, dont je viens d'indiquer quelques résultats, ne montre pas que le creusement du canal maritime altérât dans des proportions excessives, à l'amont de Poses, le régime hydraulique du fleuve, en ce qui concerne la vitesse des courants, elle donne la mesure de ceux-ci, et la rapidité qu'ils atteignent suffit pour constituer une puissante objection contre la praticabilité du canal maritime ouvert dans le lit du fleuve.

La Seine n'a que de faibles vitesses, nous disait-on jusqu'ici ; mais ces vitesses que sont-elles ? Voilà ce qu'on ne nous indiquait pas. Or, dès qu'on arrive aux approches du débit moyen, la vitesse du courant fluvial devient pour les manœuvres nautiques, dans un chenal artificiel de faible largeur, un obstacle absolument éliminatoire. Je me garderai de faire ici de la théorie. Je ne suis pas assez marin pour me le permettre. Mais l'enseignement des faits pratiques est là.

A Suez, dans ce long canal de 154 *km*, sans écluses et sans ponts, on a de faibles courants de marée. Au nord, les oscillations de la Méditerranée atteignent 0,40 *m* à peine et les courants ne dépassent pas 0,50 *m* à la seconde ; au sud, la mer Rouge a des oscillations de 1,46 *m*, et les courants, dans le canal, vont jusqu'à 1 *m*. Eh bien ! les praticiens les plus expérimentés font une énorme différence, tenant surtout aux courants rencontrés, entre les conditions de navigabilité du canal, suivant qu'il s'agit de l'une ou de l'autre de ses sections extrêmes

Il y a sept ans, une commission consultative internationale était réunie pour se prononcer sur la question d'élargissement du canal de Suez. Les Ingénieurs les plus éminents d'Europe, assistés des agents techniques de la Compagnie, en faisaient partie. Or, dans les considérations qui conduisaient cette commission à prescrire un élargissement portant partout la largeur au plafond à 60 *m* et au-dessus, les difficultés naissant des vitesses rencontrées jouaient le rôle prépondérant ; et l'opinion spéciale de l'un des membres, qui estimait que ses collègues allaient trop loin dans leur appréhension des courants, se trouve résumée en ces termes dans une note des procès-verbaux :

« L'opinant croit qu'il faut tenir compte des difficultés, mais ne pas les exagérer. Suivant lui, un courant de 2 milles à 2 milles et demi (1 *m* à 1,25 *m* à la seconde), qu'il soit de l'avant ou de l'arrière, ne doit pas être une *gêne excessive* pour la navigation. »

Il s'agit là d'un canal libre, où l'on ne rencontre pas de ponts à chaque pas. Qu'aurait dit ce même opinant de la vitesse de 1,20 *m* qu'on rencontre sur la Seine par l'état moyen du débit, de celle de 1,60 *m* qui s'y produit avant que les eaux cessent d'être navigables, lorsque ces vitesses agissent sur des navires engagés dans un chenal étroit et sinueux, embarrassé d'obstacles à chaque pas? Il y a bien, à Suez, quelques courbes, quelques-unes même assez raides; mais elles sont placées en des points sans aucun courant; les parties soumises aux fluctuations des marées se développent suivant de longs alignements droits.

Dans la partie endiguée de la Clyde, où les largeurs varient de 100 à 200 *m*, où les courants de flot, très faibles, ne dépassent pas 0,50 *m* à la seconde, et ceux de jusant, un peu plus forts, n'atteignent pas 0,90 *m*, les navires de mer cheminent avec une vitesse normale de 1,33 *m* (2 nœuds 6/10^{e}), accompagnés de deux remorqueurs, l'un à l'avant l'autre à l'arrière, destinés, pour les steamers, à contrôler leur marche, les gouverner et les arrêter au besoin ; pour les voiliers, à leur donner en outre la propulsion. Ne faudrait-il pas en faire autant et plus entre Paris et Rouen?

Combien d'indications il y aurait à ajouter à ce qui précède! Le temps me fait défaut. Je suis obligé de me borner. Je n'en ajouterai qu'une seule. Le canal de Manchester, si souvent invoqué comme exemple, longe bien la Mersey et reçoit en tout ou en partie le débit de ce cours d'eau et de ses affluents. Mais le bassin de ceux-ci n'est rien par rapport à celui de la Seine, et ce qu'on vise à Manchester, c'est un canal sans courant et à niveau fixe.

Ce que j'ai dit suffit, je crois, pour justifier ceux des prédécesseurs de M. de la Grye qui, tendant aux mêmes fins, prenaient le moyen le moins mauvais d'y parvenir. Obligés de placer les navires de mer dans des conditions de flottaison et de marche qui discordent avec leur construction et leurs aptitudes, Flachat et Bérigny allaient radicalement au but. Du moment qu'ils réduisaient ces navires à n'être plus que des corps flottants presque inertes, ils leurs donnaient pour voie l'eau morte d'un vrai canal à niveau, où les uns pouvaient se mouvoir par leurs moyens propres, les autres être remorqués, sans aucune des entraves nais-

sant des incessantes variations de hauteur du plan d'eau et surtout de la rapidité des courants.

L'observation sur laquelle s'appuie ce que je viens d'exprimer a déjà été faite à M. de la Grye. Il y a répondu par une équation. En me plaçant dans le lit de la Seine, a-t-il dit, je n'ai que tant de déblai ; si je me plaçais dans la plaine, j'en aurais davantage. Pour le même niveau du plan d'eau, cela est indubitable. Mais la fixation de ces plans d'eau n'a rien d'absolu. Je ne veux pas faire ici de projet, ni même une simple ébauche, pas plus que je ne songe à défendre les projets antérieurs. Mais, de Carrières-sous-Poissy à Poses, M. de la Grye s'enfonce, non pas dans le lit, mais au-dessous du thalveg de la Seine d'une profondeur moyenne de près de 4 *m*. Il n'est pas démontré qu'il fallût entamer les plaines riveraines à une plus grande profondeur, pour y établir un canal latéral de 6,20 *m* de mouillage rationnellement tracé.

Je n'insiste pas ; mais je termine par un argument qui me semble absolument décisif. Je l'avais déjà exposé, ici même, à M. de la Grye lors de son projet de canal à niveau jusqu'à Poissy. Je lui disais : Votre canal ne tiendra pas. Les crues d'hiver le bouleverseront. L'objection avait un caractère général. Elle s'est, pour moi, précisée et renforcée depuis. En vue des grandes largeurs de la Seine, je ne supposais pas qu'il fût aussi difficile que ce l'est en réalité, d'y inscrire une série de courbes successives de 1 500 *m* de rayon, raccordées par des alignements droits. L'examen des plans soumis aux enquêtes m'a dit ce qu'il fallait penser de ce point.

J'ai ici et mets sous vos yeux (1) un calque des 14 *km* à l'amont de l'écluse de Poses. Vous y voyez le fleuve se détachant en clair, le thalveg signalé par un trait pointillé, et le canal par un trait plein. Dans cette étendue, le canal recoupe dix fois le thalveg sous des angles plus ou moins ouverts, quelques-uns d'assez grande amplitude. On retrouve dans le reste du tracé des circonstances analogues.

Que va-t-il se produire ?

La Seine charrie peu, dit-on. Et l'on vit là-dessus. Elle charrie peu, d'accord. Mais les eaux qu'elle porte ont, comme toutes les eaux possibles, la propriété d'agir sur les parois qui les contiennent. Avec les vitesses que nous avons constatées, l'eau entraine les gros graviers. En basses eaux, l'action sera faible. Mais, en hautes eaux, dans un lit modifié seulement par une cunette qui n'en occupe qu'une faible fraction, celles-ci auront tendance à

(1) Voir pl. 49, p. 3.

suivre à très peu près leur cours actuel. A tous les recoupements du thalveg par le canal, se produiront des bouleversements attaquant les berges de celui-ci et en régalant les matériaux sur le fond. Variables dans leur énergie avec l'angle de croisement, mais s'étendant sur de plus grandes longueurs quand l'angle est faible, ces bouleversements tendront partout au nivellement de la cunette factice. Après toutes les hautes eaux, il faudra rétablir celle-ci à la drague. Que sera-t-il d'elle après les grandes crues?

L'objection me paraît irréfutable. La mesure de l'action produite, je ne la possède pas. Mais le sentiment me dit que ces effets seront considérables, et je crois que tous les hydrauliciens partageront mon avis. Le canal ne se maintiendrait que si le lit majeur de la Seine, celui où s'écoulent les grandes eaux, accompagnait dans des conditions de tracé rationnelles le lit mineur que le canal constitue. Mais alors où en serions-nous? Que deviendraient les calculs de déblai de M. de la Grye, et ces conditions étroites d'économie auxquelles il prétend assujettir l'exécution d'un projet grandiose?

J'en ai fini avec mon second propos. Ai-je porté la lumière dans vos esprits? Je le souhaite. Mais cela ne me dispenserait dans aucun cas de passer au troisième.

Économiquement, il n'y a rien à tirer du canal maritime projeté. Dans les conditions de péage indispensables à l'entreprise, le transport par navire de mer sera plus cher que par la batellerie fluviale. Voilà la thèse.

Elle est d'importance décisive. Si elle est bien établie, qu'importe tout le reste? Le commerce, pour ses transports, adopte les voies les moins coûteuses. Il ne viendra pas de navire de mer à Paris. Le transit de la France n'y gagnera rien ; l'exportation, que le bon marché surexcite, n'en sera pas favorisée, et les nouvelles sources de fret de sortie, sur lesquelles on spécule, ne s'ouvriront pas.

Le fait commercial domine ici le fait technique. On n'exécute une œuvre quelconque que si elle est ou si on la croit utile.

Vous avez entendu sur ce point capital nos collègues, MM. Roy et Molinos. Sauf des nuances insignifiantes, j'adhère à leurs conclusions. Au lieu du bénéfice qu'espère l'auteur du projet, il y aura perte et perte marquée. Je vous le disais le 7 août. Je le maintiens ; et cette perte s'élèvera à près de 4 *f* par tonne de mar-

chandise, lorsque M. de la Grye compte sur un bénéfice de plus de 2 *f.*

Ne croyez pas que cette divergence considérable résulte d'appréciations très différentes sur les éléments des prix de revient. Dans les deux cas, ces appréciations sont presque identiques, et les calculs des deux parts se suivent pas à pas.

Pour l'état actuel des choses, en ce qui concerne le service de la batellerie fluviale, transbordements compris, il y a quant au prix de la tonne transportée accord complet. Mes évaluations dépassent même un peu celles de l'auteur du projet.

S'il n'en est pas de même pour l'état nouveau, cela tient à peu près exclusivement à ce que, avec M. Roy, qui en a si clairement établi la convenance devant vous, je fais peser sur le port de Clichy un supplément de camionnage extrêmement modéré, de 1,20 *f* par tonne, que n'accepte pas M. de la Grye, et qu'en outre, d'accord avec tous les praticiens, je compte pour le navire, montée et descente, trois jours de voyage à 1 000 *f* l'un, au lieu des deux jours à 600 *f* l'un, sur lesquels table l'auteur du projet. Mais, en somme, pour un navire de 1 000 T, la différence entre nous ne s'élève qu'à 2 680 *f;* et si, je comptais comme M. de la Grye, que ce navire transporte en moyenne, entrée et sortie, 1 250 *kg* par Tonneau, l'écart indiqué ne donnerait que 2,10 *f* par tonne transportée, ce qui n'expliquerait pas l'écart de près de 6 *f* qui existe entre nous.

A quoi donc cet écart tient-il? A une cause générale qui domine la question, sur laquelle j'ai loyalement, le 7 août dernier, appelé l'attention de M. de la Grye, pour qu'il pût préparer ses armes avant le débat dont je le prévenais. Nonobstant ce que j'en ai dit dans la séance du 7 août, je vous demande la permission de revenir un instant sur ce point. Il est essentiel.

M. de la Grye suppose que les navires à destination de Paris porteront par Tonneau de jauge, 1 500 *kg* à la montée, 1 000 à la descente. Il n'y a là rien de matériellement impossible. Le Tonneau de jauge est une mesure de capacité conventionnelle, représentant 2,830 m^3 de la totalité des parties du navire pouvant recevoir un chargement. On comprend d'après cela sans peine qu'un navire puisse, en général, recevoir par Tonneau de jauge plus d'une tonne de poids de marchandises. Suivant la nature de celles-ci, cela peut aller, pour la houille par exemple, jusqu'à 1 600 et 1 800 *kg.*

Mais qu'est-ce que cela prouve? Un navire charbonnier arrive

à Rouen avec 1 600 *kg* de houille par Tonneau. Il repart immédiatement sur lest, — c'est le cas le plus fréquent, — pour aller prendre à Newcastle ou Cardiff un nouveau chargement. Ce n'est plus, en moyenne, 1 600 *kg* par chacun des Tonneaux de sa jauge mais 800 *kg* seulement qu'il aura portés. Je pourrais multiplier les exemples. Ils sont fréquents. Par suite de circonstances très diverses, des navires voyagent avec les trois quarts, les deux tiers, la moitié, même moins de leur chargement en poids limite; beaucoup naviguent sur lest. Comment saurons-nous, au milieu de tous ces cas particuliers, quel est, en moyenne, pratiquement, le poids réel qu'un navire de mer transporte par Tonneau de jauge dans les conditions courantes du commerce? La statistique seule peut nous le dire. Nous avons heureusement, en France, sous ce rapport, des documents statistiques de la plus haute valeur, et de la plus grande précision. C'est à ces documents que je renvoyais M. de la Grye. C'est d'eux que je tire les quelques chiffres que je vais vous présenter.

Appelons coefficient de chargement le rapport du nombre de tonnes de poids effectivement transporté avec le nombre de Tonneaux de jauge du navire, ou ce qui revient au même, en supprimant la virgule, le nombre de kilogrammes transportés correspondant à chaque Tonneau; et, comme nous voulons être exactement renseignés, étendons nos regards sur de longues périodes.

Voici pour les trois périodes décennales antérieures à 1886 les poids de chargement par Tonneau constatés pour l'ensemble des ports français.

Période décennale	1857-1866	622 *kg*
— —	1867-1876	637
— —	1877-1885	584
Moyenne		614 *kg*

Dans la période intermédiaire, une légère ascension, avec chute marquée dans la dernière, et une moyenne qui dépasse peu 600 *kg*.

C'est là le chargement moyen, tant à l'entrée qu'à la sortie, de tous les navires français ou étrangers, petits ou grands, chargés à divers degrés ou sur lest, ayant pratiqué depuis trente ans l'ensemble de nos ports maritimes. Et, si, au lieu de les prendre tous, on considérait seulement les douze ports à plus haut trafic depuis Marseille jusqu'à Caen, les chiffres seraient supérieurs sans l'être notablement, et la moyenne générale, au lieu d'être de 614, s'élèverait seulement à 651 *kg*.

Oui, nous dit M. de la Grye, mais tous les ports ne sont pas à cet égard logés à la même enseigne. Il y a de plus, entre eux, des différences quant au rapport du fret de sortie au fret d'entrée. J'admets, pour le port de Paris, qui est un port intérieur comme Rouen, le coefficient de chargement de ce dernier, et, quant au rapport du fret de sortie au fret d'entrée, ce qui se passe à Marseille ou à Bordeaux.

Ce sont là d'étranges prétentions. Qu'est-ce qui peut les justifier ? Le port de Rouen reçoit surtout des marchandises lourdes et de bas prix. Le trafic du port de Paris aurait-il exclusivement ce caractère? Le Havre offrirait certainement un type plus exact. Quant à Marseille et à Bordeaux, on ne voit vraiment pas ce que viennent faire ces ports dans la question, et par quelles analogies commerciales ils s'y rattachent.

Les ports maritimes qui desservent, tant à l'entrée qu'à la sortie, la région de Paris, ce sont d'abord les trois grands ports de la Seine : Le Havre, Rouen et Honfleur; puis, pour une part aussi, les deux ports les plus voisins de l'embouchure du fleuve : Dieppe et Caen. C'est dans la moyenne du trafic de ces cinq ports que l'on trouvera, en prévision, l'image la plus approchée de ce que pourront être les arrivages et expéditions maritimes du port de Paris, si jamais ce port existe.

Voici, pour ces cinq ports, en supprimant tous les détails qui vous obséderaient, les poids de chargement moyen par Tonneau, dans la dernière période décennale connue, 1877-1886 :

Le Havre.	549 *kg*
Rouen.	876
Honfleur.	508
Dieppe	641
Caen	802
Moyenne composée. . . .	628 *kg*

Pour les deux ports du Havre et de Rouen seuls, la moyenne composée s'abaisserait à 624 *kg*.

Les chiffres qui précèdent comprennent le commerce extérieur et le cabotage. Pour le commerce extérieur, la moyenne composée est de 620 *kg* seulement. Pour le cabotage, elle s'élève à 676 *kg* : d'où, eu égard à la relation des poids, la moyenne 628 *kg*.

Quant aux rapports du fret de sortie au fret d'entrée, les voici pour ces mêmes ports, durant la même période décennale :

Le Havre	0,42
Rouen	0,23
Honfleur	0,34
Dieppe	0,15
Caen	0,12
RAPPORT MOYEN COMPOSÉ. . . .	0,31

Pour le commerce extérieur seul, ce rapport moyen descend à 0,23. En revanche, pour le cabotage, il s'élève à 1,08.

Et ce qui est remarquable dans tout ceci, ce que peignent avec précision les chiffres statistiques, c'est que, à mesure que croît l'activité commerciale, plus les grandes relations extérieures prennent d'importance par rapport au cabotage, plus les coefficients de chargement s'abaissent.

La moyenne de 628 *kg*, entrée et sortie, que je viens de citer pour les cinq ports de la région de Paris, se décompose comme suit : entrée, 958 *kg ;* sortie, 294 *kg* (1).

Ce sont ces chiffres par lesquels je me juge pleinement autorisé à fixer, pour le port de Paris, le chargement d'entrée à 1 000 *kg ;* celui de sortie à 300 *kg :* moyenne 650 *kg*, au lieu des 1 250 *kg* de M. Bouquet de la Grye ; et je crois faire ainsi bonne et large mesure.

Ces chiffres relativement bas peuvent surprendre. On pourrait les croire spéciaux à la France. Il n'en est rien. J'ai là les statistiques relatives à quelques grands ports anglais. En 1885, le coefficient de chargement de Londres, avec son trafic commercial s'élevant, pour le commerce extérieur seul, à près de 8 millions de tonnes, ne dépasse pas, avec un rapport de 0,41 de la sortie à l'entrée, le chiffre de 653 *kg*, c'est à 3 millièmes près ce que j'attribue au port de Paris. A-t-il le droit de se plaindre ? Liverpool, dont le trafic pour l'extérieur excède celui de Londres, a aussi un coefficient plus élevé ; il est de 832 *kg*, avec un rapport de 0,75 de la sortie à l'entrée. Il faut arriver à Newcastle pour trouver un coefficient de chargement notablement plus fort ; celui-ci atteint 1,081 *kg*, mais ici la sortie est quadruple de l'entrée, et nous sommes dans un cas spécial, sans aucune analogie avec ce que sera jamais le port de

(1) On peut remarquer que 628 excède un peu la moyenne arithmétique de 958 et 294, laquelle est 626. Cela tient à ce qu'en fait le tonnage de jauge n'est pas ici, tout à fait le même pour l'entrée et la sortie. Mais, le plus souvent, cette égalité, qui n'est jamais absolue, se réalise à très peu près, ce qui fait qu'on peut prendre, sans erreur appréciable, pour coefficient moyen, la moyenne arithmétique des taux de sortie et d'entrée ; et c'est ce que nous faisons généralement.

Paris, pour lequel on en est d'ailleurs à supposer 1,250 lorsque Newcastle donne seulement 1,081.

En Belgique le port d'Anvers, si souvent cité, avec raison, pour stimuler l'émulation des ports français, avait, en 1885, pour un trafic de moins de 4 millions de tonnes, un coefficient de chargement général de 0,573 : 0,777 à l'entrée, 0,365 à la sortie, avec rapport de 0,47 de cette dernière à l'entrée.

En faut-il davantage pour montrer combien sont disproportionnés les chargements sur lesquels M. de la Grye compte? Mais enfin ces ports de Marseille et de Bordeaux auxquels il se rattache, quel secours prêtent-ils à son argumentation et à ses espérances?

Dans les trois dernières périodes décennales, avec des rapports de la sortie à l'entrée descendant de 0,70 à 0,53, Marseille présentait les coefficients de chargement suivants: 0,595, 0,632, enfin, 0,524; et Bordeaux dans ces mêmes périodes, avec des rapports de la sortie à l'entrée allant de 0,64 à 0,55, avait pour coefficients de chargement successifs: 0,841, 0,747, enfin, en dernier lieu, 0,650 seulement; c'est-à-dire exactement ce que j'attribue au port de Paris.

On ne voit guère, d'après cela, comment Marseille et Bordeaux autorisent à compter sur un coefficient plus que double des leurs pour le port de Paris; tandis qu'au contraire les résultats qu'ils présentent justifient hautement le chargement moyen sur lequel nous tablons.

Je ne poursuis pas plus loin cette fastidieuse accumulation de faits, dont j'ai les mains pleines. Comment, avant de déterminer les bases financières de son entreprise, M. de la Grye n'a-t-il pas étudié ces faits statistiques? Je ne puis m'en rendre compte. La seule chose qu'il me semble voir, c'est que quelques chiffres relevés au hasard l'ont induit en erreur.

Il me disait, ici, le 7 août: la statistique est chose excellente; mais il faut la lire à la page convenable. Rien de plus juste, mais il faut aussi et surtout bien interpréter les chiffres qu'on lui emprunte. Ce sont les Ingénieurs de la Seine qui, sans le vouloir certainement, ont, sinon causé, du moins corroboré les illusions de M. de la Grye. Dans le rapport qu'ils ont dressé, à la page 42, ils attribuent au port de Rouen le coefficient de chargement total de 1,62, en même temps que ceux de 0,92 et 0,98 à Marseille et au Havre. M. de la Grye s'est emparé du premier de ces chiffres, qui est devenu son *palladium*. Un coefficient de 1,62. Mais c'est bien plus que Newcastle dont je parlais tout à l'heure. Qu'ont donc

voulu dire les Ingénieurs officiels? Deux lignes plus bas leur pensée s'explique : « Le coefficient de 1,62 comprend, disent-ils, » 1,34 à l'entrée et 0,28 seulement à la sortie. » C'est donc à 2 Tonneaux de jauge, l'un entré l'autre sorti, que 1,62 se rapporte. Pour avoir le vrai coefficient moyen, il faut diviser par 2, ce qui donne 0,81. Ainsi rectifié, ce chiffre est au-dessous du coefficient moyen 0,876 que donne, pour Rouen, la dernière période décennale que je citais tout à l'heure, chiffre contre lequel naturellement je ne m'inscris pas en faux.

M. de la Grye a donc été induit en erreur. Il a bien lu, mais mal compris. Et, chose singulière qu'il m'est permis de relever, c'est que le rapporteur de la commission d'enquête de la Seine s'est trompé avec lui. Placé en présence du même document, M. le sénateur Poirrier a pris, lui aussi, le chiffre de 1,62 pour un coefficient moyen, et reproduit, dans les mêmes termes, les conséquences qu'en avait tirées l'auteur du projet

Il y aurait bien, à ce propos, quelques observations utiles à ajouter sur les quiproquos qu'engendre, pour tant de personnes, la confusion qu'elles établissent entre la *tonne*, poids de mille kilogrammes, et le *Tonneau* de jauge, mesure de capacité, cubant 2,830 m^3, surtout, lorsque, dans le langage des choses de mer, revient encore le mot *tonneau* employé seul, avec la signification de un mètre cube, pour exprimer le volume d'eau déplacé par un navire. La distinction à faire est certes des plus élémentaires ; mais combien de gens s'y trompent, et rapportent indifféremment à l'une ou l'autre de ces unités, des prix ou éléments de dépense qui n'ont de valeur ou de sens que pour l'une d'elles. Mais ce serait par trop sortir du sujet qui nous occupe, et j'y reviens.

Je crois, en ce qui concerne les coefficients de chargement, la cause entendue.

En attribuant éventuellement au port de Paris des chargements de 1 000 *kg* à l'entrée, de 300 *kg* à la sortie, moyen chargement 650 *kg*, on va dans les prévisions aussi loin qu'on puisse aller ; car l'évocation d'un fret de sortie, absolument nouveau, dont on n'indique ni la nature ni la source, lequel enfoui jusqu'à cette heure malgré les sollicitations de la batellerie, surgirait tout à coup du sol parisien dès qu'un navire de mer aura fait battre son pavillon à Clichy, me paraît, quelque réserve que je veuille garder, confiner de plus près au domaine de la fantaisie qu'à celui de la réalité. Ce sont les lourds produits extractifs seuls qui donnent des frets de sortie considérables. Il n'en peut être ainsi des pays industrieux

dont les produits sont de grande valeur sous faible poids. C'est là un fait normal auquel il faut se résigner ; et si, comme je l'ai dit, grâce à l'élévation de son fret de sortie, Bordeaux présente des coëfficients de chargement supérieurs à ceux des autres ports français, c'est à son vignoble qu'il le doit. Il faudrait une foi robuste pour espérer que celui de Suresnes procure jamais au port de Paris le même avantage.

Après ces développements, je suis en mesure de revenir au compte de frais comparatifs par tonne de marchandises transportées entre Paris et Rouen.

M. Bouquet de la Grye qui, pour un navire de 1 000 T, évalue ces frais, montée et descente, à 10 200 *f*, trouve, en tablant sur un total de 2 500 *t* transportées, 4,08 *f* pour chacune d'elles; et, comme il est arrivé par la batellerie, transbordement compris bien entendu, au chiffre de 6,15 *f*, il en conclut à un *bénéfice* par tonne de 2,07 *f*.

Au lieu de cela, avec les 2 680 *f* d'excédent de dépense applicable au navire de 1 000 T que j'ai justifié tout à l'heure, j'arrive, moi qui suis fondé à ne calculer que sur 1 300 *t* transportées, à la dépense par tonne de 9,91 *f;* et c'est de là que, par comparaison avec les 6,23 *f* trouvés, au lieu de 6,15 *f*, pour l'état actuel, je conclus à une perte de 3,68 *f* par tonne transportée.

Remarquez bien, d'ailleurs, qu'à supposer que mon excédent de 2 680 *f* disparût, la perte n'en subsisterait pas moins. Seulement, de 3,68 *f* par tonne, elle se réduirait à 1,23 *f*, ce qui suffit pour la démonstration.

Je crois avoir ainsi justifié ce que je signalais ici à ce propos dans la séance du 7 août, lorsque j'attribuais surtout la dissidence entre M. de la Grye et moi à la question du poids moyen réellement transporté par Tonneau de jauge. C'est là ce qui fait, ainsi que je le disais, que le double péage de 6,50 *f* entre Paris et Rouen, au lieu de frapper chaque tonne de marchandise d'une charge de 2,60 *f*, chiffre de M. de la Grye, leur en impose réellement une de 5 *f*, ce qui explique bien des écarts dans les conclusions finales.

Qu'en face du résultat qui précède,— lorsqu'il est démontré qu'en moyenne, par tonne, les marchandises auront à supporter environ 10 *f* de supplément de frais pour faire, sur navire de mer, le double trajet de Paris à Rouen, au lieu d'être débarquées dans ce dernier port et d'y être embarquées, — on se demande ce que leur feront payer le commerce et les armateurs, surtout lorsqu'il est démontré que Paris ne promet pas de frets de sortie plus abon-

dants, c'est là une question qui serait bien complexe à élucider dans le détail, s'il fallait tenir compte des diverses sortes de marchandises, du plus ou moins grand éloignement des lieux de provenance et de destination, et de toutes autres circonstances variables selon la marchandise et le navire. Mais, quelque compliquées que soient les combinaisons qui interviennent dans la détermination du prix marchand des transports, cette industrie, qui obéit comme les autres à la loi de l'offre et de la demande, n'échappe pas non plus aux exigences du prix de revient. Elle ne donne ses services à perte que lorsqu'elle se trompe ou que ses combinaisons se trouvent momentanément déjouées ; et l'on peut être sûr qu'après quelques fluctuations temporaires l'armateur ne tirerait pas de sa poche, mais ferait supporter à la marchandise la fraction, quelle qu'elle soit, des 10 *f* de dépenses supplémentaires qui pèseront sur lui. Cela est de toute évidence. Le fret pour Paris serait donc plus élevé que pour Rouen. Cette conséquence infaillible a été mise en évidence devant le Conseil général des Ponts et Chaussées. Il est vrai qu'elle n'a guère embarrassé l'auteur du projet, qui, loin d'y voir une réduction d'achalandage pour le port de Paris, en a conclu, au contraire, que cette augmentation du prix du fret serait chose excellente, et constituerait autant de bénéfice en plus pour l'armateur.

Combien d'arguments confirmatifs je pourrais ajouter à ce qui précède ! Le temps me presse. J'ai hâte d'en finir. Un mot cependant encore sur un point qui me force à mettre en cause de nouveau le rapport de la Commission d'enquête de la Seine.

Pour faire ressortir les avantages qu'auraient les marchandises à venir à Paris sans rompre charge, ce rapport énumère, comme frais spéciaux de réexpédition, des charges, pesant au Havre sur les marchandises à destination de Paris, lesquelles représenteraient de 1,50 *f* jusqu'à 3,25 *f* par tonne. Il suffit, sans être un praticien consommé, de jeter un coup d'œil snr les charges énumérées pour s'assurer que, si quelques-unes, celles surtout tenant à la réexpédition, sont fort exagérées, ce qui tient au monopole presque absolu dont le Havre jouit à leur endroit, les autres correspondent, sauf insignifiantes exceptions, à des dépenses de gardiennage nécessaires partout, ou a des frais de conditionnement et d'essais, inévitables à Paris comme ailleurs.

Il est fâcheux qu'au lieu de cela l'éminent rapporteur ait omis de nous donner une autre énumération qui eût été d'un haut intérêt : c'est celle des frais spéciaux, assurément considérables, qui

pèseraient à Clichy sur les marchandises, par insuffisance, pour leur manutention, d'aménagements et d'outillage. C'est qu'en effet l'auteur du projet n'a pas l'intention, ainsi qu'il le déclare dans son *Rapport sommaire* de 1887, de se livrer à des « installations grandioses », pour réaliser « un plan de port idéal, dans lequel » on a taillé les terrains en pleine expropriation, en enfouissant » d'avance des millions de mètres cubes de maçonnerie ». Il sera permis, dit-il, de « rêver » tout cela plus tard. Pour le moment, de simples appontements lui suffiront. Il les allongera, comme il le disait l'autre soir, au fur et à mesure des besoins. Comme frais de premier établissement, ce peut être l'idéal de l'économie; mais à quel taux monteront, dans cet état de simplicité rudimentaire, les dépenses de déchargement et de chargement?

Je m'arrête.

Le projet qui nous occupe a été dressé un peu sommairement peut-être, pour un travail si considérable, sous les inspirations les plus patriotiques. Mais la conception initiale me paraît fausse : il n'y a pas lieu de faire monter les navires de mer dans les plaines élevées, et, avec le péage de M. Bouquet de la Grye, l'opération est dénuée de toute portée économique.

Sans péage, aux frais du Trésor, dans les conditions d'ampleur qu'une telle œuvre commanderait, en y consacrant le nombre de centaines de millions dont elle exigerait l'emploi, serait-ce une entreprise à tenter pour Paris? Je ne le crois pas non plus. Le contraire fût-il vrai, ce que j'affirme au moins, c'est que ce n'est pas dans le lit de la Seine que devrait être creusé le large et profond canal portant à Paris les flottes commerciales du monde.

Avec quelque puissance souveraine que s'exerce aujourd'hui l'action de l'homme sur la nature, il y a des limites qu'il est irrationnel de franchir. Il ne faut pas repousser une idée parce qu'elle est grandiose, mais le grandiose peut être absurde ; et il y a des choses qu'il faut laisser à leur place : sur l'Océan et dans les fleuves à marées, les navires de mer ; sur les eaux douces, les bateaux de rivière.

On vient de doter la Seine fluviale, à l'aval de Paris, d'aménagements navigables magnifiques. La batellerie ne s'y est pas encore complètement adaptée. Des perfectionnements sont encore possibles. Il faut les provoquer et les réaliser. C'est là le sensé et le vrai.

Je suis désolé de ne pas être d'accord avec un homme aussi éminent que M. de la Grye, et surtout de venir déposer ici à l'encontre d'une œuvre provoquée par l'initiative individuelle, dont je suis à un si haut degré partisan. Mais ma conviction est absolue. J'ai dû l'exprimer en pleine franchise, et je vous remercie vivement, messieurs, de la bienveillante attention que vous avez bien voulu me prêter.

OBSERVATIONS

SUR LE PROJET DE

PARIS PORT DE MER

CONDITIONS QUI PERMETTRAIENT SA REALISATION

PAR

M. R.-L. LE BRUN

MESSIEURS,

J'ai hésité longtemps à prendre la parole : les critiques du projet de M. Bouquet de la Grye ont été tellement vives qu'il semble presque téméraire de venir parler devant vous de Paris port de mer. Cependant, il m'a semblé que, aussi bien les brochures qui avaient répondu au promoteur du projet que nos propres discussions ont dépassé le but ; je crois qu'il faut analyser avec plus de sang-froid ce qu'il a de bon, ce qu'il a de défectueux, les améliorations dont il est susceptible, dans quelles conditions immédiates ou futures on peut exécuter ce travail qui préoccupe depuis si longtemps l'opinion publique, dont tant d'hommes considérables se sont occupés depuis plus de trois quarts de siècle.

Quoi qu'on en ait dit, le sujet vaut la peine de vous demander d'y consacrer encore quelques moments ; j'aurais voulu vous apporter des faits, réunir des documents, pour vous permettre de juger si l'utopie d'hier, si le rêve d'aujourd'hui ne seront pas la réalité de demain ; s'il n'y a pas moins loin entre la Seine à 6 ^{m} de tirant d'eau et l'état actuel qu'entre l'époque, qui n'est pas encore bien éloignée, où l'on réunissait au son du tambour des villages entiers pour haler un bateau au pertuis de Pont-de-l'Arche, où il fallait quarante chevaux pour faire passer des péni-

ches de 0,75 *m* de tirant d'eau au pertuis de la Morue, et les longs convois que vous voyez aujourd'hui, franchissant sans rompre charge la distance du Havre à Paris traînés par de puissants remorqueurs, ou les bateaux de mer de la Compagnie Parisienne, encore bien modestes cependant, qui viennent s'amarrer au port Saint-Nicolas.

Lorsque M. Bouquet de la Grye vous a exposé son premier projet en 1882, il a été jugé inexécutable au point de vue technique, et la démonstration péremptoire en a été faite à cette tribune ; j'ai cru, à cette époque, devoir indiquer sur quelles bases il pouvait être étudié, croyant alors, comme aujourd'hui, que dans un avenir plus ou moins éloigné, Paris port de mer sera réalisé. J'ai eu le grand honneur de m'être rencontré pour la solution avec M. Belgrand, dont j'ignorais les travaux enfouis dans les archives du ministère des Travaux publics. Notre discussion n'a pas été inutile, puisque, mettant à profit les idées de ses devanciers aussi bien que les critiques, son éminent promoteur vous présente aujourd'hui un projet qui, bien que soulevant encore de nombreuses objections, n'offre plus de difficultés techniques insurmontables, au jugement même de ses adversaires les plus décidés.

Vous me permettrez de l'examiner au même point de vue que je l'ai fait il y a neuf ans ; j'essaierai de faire avancer la solution d'un pas au point de vue technique ; au point de vue économique, je crois que chaque jour le développement de notre commerce nous rapprochera de l'exécution, sans nous dissimuler que l'aléa que comporte un pareil travail motive toutes les hésitations sur l'opportunité d'une exécution immédiate.

Ma note sera forcément incomplète. Je désire seulement appeler votre attention sur les points principaux de la question.

I. — Tracé. — Profil en long.

L'opinion de la grande majorité des auteurs qui se sont occupés de ce projet a été de faire remonter les navires à Paris en creusant la Seine, et d'établir le port terminus à Clichy. Cette solution paraît en effet la plus logique à condition de couper les boucles d'Oissel et de Sartrouville, puisqu'elle permet d'arriver, au moyen de travaux exécutables en cinq ou six ans, sans dragages exagérés avec des courbes minima de 1 500 *m*, à une solution très satisfaisante.

Tout au plus peut-on trouver à critiquer le nombre des courbes

mais, comme nous le verrons, aucun inconvénient sérieux ne peut en résulter. Dans son ensemble, sauf quelques points de détail qu'une étude plus approfondie améliorera facilement, le tracé en plan est dans des conditions suffisamment bonnes.

Il n'en est pas de même du profil en long, qui a donné lieu à des critiques extrêmement violentes, quelquefois justifiées, trop souvent fort exagérées. Heureusement qu'il est possible d'y remédier.

M. Bouquet de la Grye, comme tous les marins, a peur des écluses; vous savez combien cette idée fâcheuse a causé ailleurs de désastres. Dans son premier projet, il établissait le canal à niveau; aujourd'hui, presqu'en s'excusant, il en a figuré quatre, en faisant ressortir comme un avantage de premier ordre la longueur des biefs, et laissant espérer que, dans l'avenir, on pourra en réduire le nombre. Comme conséquence, même en comptant que l'écoulement de l'eau occasionne un remous superficiel considérable, il est amené à abaisser le plan d'eau en aval du barrage de Port-Villez de 3,70 *m* sur le niveau actuel en tenant compte des remous, de 5,98 *m* en n'en tenant pas compte. Pour obtenir le tirant d'eau voulu, il devient nécessaire de draguer assez profondément pour attaquer les bancs de craie. Les profils en travers qui ont été mis sous vos yeux établissent d'une façon saisissante les inconvénients de cette solution *(Pl. 45.)* qu'on a déjà fait ressortir devant vous.

On a été jusqu'à craindre que l'exécution de ce projet ne transforme en désert aride la Normandie aujourd'hui si fertile, en desséchant le pays dans un immense rayon. Ces craintes ne se justifient pas, la vallée de la Seine n'est que moyennement fertile, les magnifiques prairies auxquelles on a fait allusion ne se trouvent que sur les terrains argileux des départements de l'Eure, du Calvados, de la Manche; si les récoltes sont superbes sur les terrains perméables de la vallée même de la Seine, cela est dû surtout à une agriculture très avancée, utilisant les engrais sur la plus large échelle; dans ces terrains à sous-sol perméable formés presque exclusivement de graviers, le niveau de l'eau souterraine restera toujours un peu supérieur à celui du plan d'eau de la Seine.

Il n'y a donc rien à craindre tant que ce niveau sera maintenu à peu près à la même cote que celui de l'étiage existant avant les travaux actuels; comme il paraît même que les riverains se plaignent que le bief actuel de Port-Villez soit trop élevé, il y a intérêt à l'abaisser.

L'objection relative à la pente superficielle est beaucoup plus

fondée ; on a déjà développé devant vous les considérations qui empêchent d'en tenir compte dans les projets de canalisation. Permettez-moi d'y ajouter celles que M. Krantz a présentées dans son mémoire de 1871 sur l'approfondissement de la Seine à 3 *m* :

« *Enfin on a pu attribuer cet échec à la manière dont on fait intervenir aujourd'hui le calcul des remous dans l'établissement de la hauteur des retenues... Quand le débit varie, cette pente change également et peut s'atténuer dans les basses eaux jusqu'à devenir à peu près nulle ; on perd alors en mouillage tout ce que le remous devait donner et que l'on avait imprudemment fait entrer en ligne de compte* (page 13).

» ... *Nous ne tiendrons aucun compte des remous ou de la pente accumulée de l'amont à l'aval de chaque bief. Nous avons exposé les raisons de cette volontaire omission et nous la regardons comme pleinement justifiée. Il résultera de notre mode de détermination des niveaux que nos tirants d'eau réels seront toujours supérieurs aux tirants d'eau calculés, tandis qu'avec les erremens actuels, ils leur sont toujours inférieurs, ce qui entraîne des mécomptes sans nombre* (page 44). »

En partant de ces considérations les modifications du projet s'imposent naturellement ; on nous permettra de les indiquer en commençant par l'aval (*Pl.* 50).

La première objection sérieuse à faire au projet se rencontre à la coupure d'Oissel dont M. Bouquet de la Grye abaisse le plan d'eau au niveau du bief maritime. Le raccourcissement considérable qui résulterait de cette ouverture (17 *km*) déterminerait certainement, comme on l'a dit, des courants qui compromettraient la navigation dans les crues exceptionnelles ; les plus graves désastres pourraient en être la conséquence pour les riverains : il serait dangereux d'en courir les risques fort sérieux qui créeraient une source de procès et de difficultés sans nombre dont l'éventualité seule peut compromettre le projet.

En établissant une écluse à l'aval de la coupure et un barrage à Pont-de-l'Arche dont le plan d'eau serait relevé à la cote de Poses (8,45 *m*), on supprimerait tous ces inconvénients, tout en réalisant une économie sérieuse sur les terrains et les terrassements.

La chute d'environ 6 *m* en eaux moyennes n'a rien d'exagéré avec les moyens actuels dont on dispose.

On pourrait supprimer le barrage de Martot, ce qui rendrait aux courants de marée un volume d'eau qui ne serait pas à dédaigner pour le maintien des fonds du port de Rouen et l'approfondissement du chenal maritime.

Bien que la navigation de l'Eure soit d'une bien minime importance, il convient cependant d'examiner ce qu'elle deviendrait.

Cette rivière se jette actuellement dans le bief de Martot (4,27 *m*) à 1 500 *m* environ en aval de Pont-de-l'Arche ; avec le barrage nouveau, le plan d'eau serait remonté à la cote 8,45 *m*.

Nous n'avons pas sous les yeux de plan coté suffisamment détaillé pour affirmer que ce relèvement pourrait se faire sans inconvénients sur toute la longueur du bief entre Louviers et Pont-de-l'Arche. Mais, dans le cas où la cote du terrain environnant ne le permettrait pas, on rendrait continu le cordon d'îles qui se trouve entre l'embouchure de l'Eure et Pont-de-l'Arche, en créant ainsi dans le lit de la Seine deux chenaux à des niveaux différents, ce qui maintiendrait pour l'Eure le régime actuel.

Cette possibilité qui ressort de l'examen des cartes à grande échelle est suffisamment indiquée sur la planche 46.

M. Bouquet de la Grye a porté à 79 *km* la longueur du bief de Poses sans autre motif que d'éviter les écluses. Il semble qu'une écluse de plus compense bien les nombreux inconvénients qu'entraîne sa suppression, inconvénients qui disparaissent si l'on conserve l'écluse de la Garenne en relevant son plan d'eau à 12,50 *m* au lieu de 11,10 *m*. En effet, la cote de l'étiage étant avant les dernières transformations de 11,85 *m* en aval de l'écluse de Méricourt, la différence devient insignifiante ; avec le remous, l'eau se maintiendra presque toujours à une hauteur plus grande : l'ancien régime sera donc très peu changé.

En relevant de 3,55 *m* le plan d'eau à la Garenne, le cube des dragages sera considérablement diminué, la craie ne sera pas attaquée ; il y aura de ce chef une très grande économie, parce que c'est en ce point que l'écart entre le plan d'eau du projet et celui de l'état actuel est maximum ; on maintiendra à peu près l'ancien régime avec un accroissement de section dans le lit du fleuve, les riverains recevront satisfaction puisqu'ils se plaignent, paraît-il, que le niveau de la retenue de Port-Villez (13,43 *m*) leur cause des dommages.

L'écoulement des crues sera facilité, mais pas dans une proportion qui puisse faire craindre des accidents ; la fosse du chenal, moins profonde, s'ensablera moins et en tous cas sera plus facile à curer.

Ces avantages compensent largement les trente minutes de perte de temps qu'occasionnera aux navires le passage de l'écluse de la

Garenne. Au point de vue hydrologique, ces modifications constitueraient donc des avantages sur l'état actuel.

Les mêmes observations se représentent dans le bief de Meulan, que supprime M. Bouquet de la Grye, mais à un degré beaucoup moindre; la ligne d'étiage de 1840, peu élevée au-dessus du plan d'eau (15,93 *m*), vient le recouper à une faible distance en aval de l'écluse de Poissy (Andresy). Aussi les inconvénients sont très réduits, et le projet de M. Bouquet de la Grye pourrait être accepté; mais en reportant le barrage à l'île de Vaux, à 11 *km* en aval, on obtiendrait une économie sensible sur les dragages sans qu'il paraisse en résulter de sérieux inconvénients. De cette façon, en aucun point du parcours, le plan d'eau ne serait au-dessous de la ligne d'étiage de 1840.

En amont du barrage de Poissy ou de Vaux, il n'y a plus d'objections à faire, on suit de très près les niveaux actuels.

L'écluse placée en aval de la coupure de Sartrouville occupe la position que nous réclamons pour celle de la coupure d'Oissel.

En résumé, avec cinq écluses, au lieu des quatre prévues au projet, il est possible de maintenir sans le modifier sensiblement le régime de la Seine, tout en l'améliorant et en réduisant les dépenses dans de très sérieuses proportions. Il nous semble que, présentées ainsi, la majeure partie des critiques techniques n'eussent plus eu de raison d'être.

II. — Conditions de navigabilité.

Pour achever l'examen technique du projet, au moins dans ses grandes lignes, nous allons examiner les objections faites au tracé relativement à la navigabilité, c'est-à-dire le tirant d'eau et le rayon des courbes.

Le projet admet un mouillage de 6,50 *m*, le même que celui de Rouen à la mer, correspondant à des navires de 6 *m* de tirant d'eau pouvant dépasser 3000 T de jauge.

On a prétendu que ce n'était pas suffisant pour le canal maritime, les grands navires exigeant actuellement 8,50 *m* de mouillage. Nul doute que ce serait préférable, mais ce n'est pas nécessaire; la Seine ne peut jamais espérer recevoir les grands paquebots postaux. En dehors de ces immenses navires de 150 à 180 *m* de longueur, à tirant d'eau de 7,50 *m*, qui ont besoin pour obtenir les vitesses exigées actuellement de noyer profondément leur hélice, le commerce et les armateurs recherchent plus volontiers

les *cargo-boats* à tirant d'eau moyen compris entre 5 et 6 *m*, qui peuvent entrer dans un plus grand nombre de ports et sont ainsi bien mieux utilisés ; il n'existe, en effet, qu'un petit nombre d'établissements maritimes de 8 *m* de profondeur ; aussi a-t-on actuellement une tendance à aplatir un peu le fond des navires à marchandises pour réduire leur tirant d'eau. Pour vous citer un exemple, parmi les 25 ou 30 vapeurs de 2 000 à 3 500 *t* que nous avons expédiés depuis deux ans aux Antilles, bien peu dépassaient le chiffre de 6 *m*.

Il y a lieu de prévoir cependant un accroissement futur du mouillage sans remanier les ouvrages, et comme je l'indiquais déjà en 1882, en établissant le radier des écluses à 7,50 *m* de profondeur, en surélevant de 1 *m* les fermettes des barrages pour permettre de relever le plan d'eau, il sera possible, par un simple dragage, de porter le mouillage à 8,50 *m* dès que la nécessité s'en fera sentir. Le dépôt des produits du dragage sur les berges permettra de créer sans frais des digues qui protégeront les parties basses des rives. Le profil que nous avons sous les yeux montre, d'ailleurs, que ce relèvement pourrait se faire sans inconvénients sérieux, en maintenant les cinq biefs dont nous avons parlé.

Mais il convient d'agir prudemment, il y a déjà assez d'aléa dans le projet pour se borner à satisfaire aux besoins immédiats ; il suffit de prévoir les éventualités futures pour ne pas créer d'obstacles aux améliorations que l'avenir pourrait exiger. En se mettant en état de recevoir, dès l'origine des navires de 2 500 à 3 000 *t*, on se tient dans les conditions normales, comme nous le ferons voir.

On a avancé qu'il fallait 0,75 *m* d'eau sous la quille, pour assurer une bonne navigation ; il est évident que si le tirant d'eau est grand, s'il y a beaucoup d'eau sous l'hélice, le navire gouverne mieux et se trouve dans de meilleures conditions de navigabilité, mais il est reconnu que les conditions sont déjà suffisantes avec *le pied de pilote*, d'après l'expression consacrée. On peut même à la rigueur pour franchir un haut fond se contenter de 0,20 *m*, et comme autorité je puis citer l'étude faite par l'amiral Cloué en 1889 lorsqu'il a été chargé d'élaborer le projet de décret sur le pilotage de la Basse-Seine, en faisant remarquer qu'il s'agit de la partie maritime du fleuve, où la durée de l'étale n'est que de quelques minutes, et où l'agitation peut se faire encore sentir, conditions essentiellement défavorables ; voici les termes mêmes du rapport :

Si le temps est calme avec la mer belle, on peut, à la condition qu'un

banc ne soit pas trop étendu, le franchir sans danger avec 0,20 ou 0,25 m d'eau sous la quille, mais une avance ou un retard de quelques minutes pourrait avoir les plus funestes conséquences, il faut être exact.

Il cite comme exemple le passage de l'*Obock* passant sur le haut de Honfleur par 6,75 *m* de hauteur d'eau, tandis qu'il calait 6,55 *m*.

On peut donc admettre qu'avec 0,30 à 0,40 *m* de hauteur d'eau sous la quille on peut naviguer; il me semble que c'est la hauteur primitivement admise au canal de Suez.

Rayons de courbure. — Les rayons de courbure paraissent suffisants : ce sont ceux que l'on a prévus à l'entrée du Havre où le croisement d'un grand nombre de navires au moment de l'étale rend cette entrée bien plus dangereuse que la navigation en Seine. A Suez, les rayons de courbure descendaient à 1 200 *m;* au canal de la Baltique destiné à donner passage aux plus grands cuirassés, le minimum est fixé à 1 000 *m*.

Il sera d'ailleurs possible d'augmenter le safran du gouvernail au moyen d'un appareil mobile, comme on l'a fait au canal de Suez pour rendre le navire encore plus docile.

Il faut enfin remarquer que la longueur des *cargo-boats* qui fréquenteront la Seine dépasseront bien rarement 100 *m;* le rayon choisi paraît donc largement suffisant. Dans l'avenir il sera facile, si c'est nécessaire, de l'augmenter par le rescindement des berges.

Croisement des navires. — Il n'y a pas lieu de s'appesantir longuement sur ce sujet; après ce qui a été dit pour les navires de mer, il semble que la largeur prévue pour le plafond soit suffisante; il serait facile en tous cas d'y remédier, en élargissant un peu le plafond lorsque la circulation l'exigerait. Une objection cependant m'a frappé par son exagération : on a affirmé qu'il faudrait une vigie dans les hunes pour signaler les convois de chalands, qu'il y aurait presque impossibilité pour le navire de mer à croiser ces trains longs de plus de 300 *m*. Il suffit, ce me semble, de remarquer qu'à chaque instant ces convois se croisent entre eux, et comme le navire de mer n'aura au plus que le tiers de cette longueur, le croisement sera plus facile pour lui.

Cet examen me paraît démontrer que les objections faites la à partie technique du projet peuvent être toutes levées au moyen de modifications avantageuses pour le but à atteindre, aussi bien au point de vue de l'économie d'exécution que de la navigation elle-même.

III. — Interception des communications.

Il nous reste, pour terminer cette revue déjà longue des objections, à examiner la plus sérieuse, celle de l'interruption des communications entre les deux rives. C'est véritablement le nœud de la question; si elle était résolue, le doute ne serait plus permis, l'exécution de Paris port de mer s'imposerait; mais pour que la solution satisfasse toutes les parties en présence, nous nous trouvons en face d'un rêve qui ne passera dans la réalité que dans un avenir fort éloigné : la mobilité de la mâture pour les *cargo-boats*. Il semble cependant, à voir ces immenses navires pourvus seulement d'une voilure qui ne parviendrait pas à leur donner une vitesse de un nœud à un nœud et demi, qu'on n'est pas loin de cette transformation, qu'il n'y a plus qu'un pas à faire, et que, étant donné le faible rôle que les mâts sont appelés à jouer sur les transports à vapeur, on pourrait sans grands inconvénients les rendre mobiles. Le problème est déjà résolu pour les bateaux de dimensions moyennes; il ne paraît pas beaucoup plus difficile à résoudre pour de plus grands navires pourvus de treuils à vapeur pour les manœuvres. Cette transformation rendrait facile la construction des canaux maritimes de pénétration, qui ne seront fréquentés que par les *Cargo-boats;* quoi qu'il en soit, nous en sommes encore bien loin et le problème reste posé.

Le relèvement des ponts à 22,50 *m* au-dessus du plan d'eau adopté au canal de Manchester ne peut être appliqué sur la Seine qu'à deux ou trois ouvrages pour le passage des chemins de fer; il faut donc en revenir pour les autres aux ponts tournants, on ne peut se dissimuler qu'ils constituent une grande gêne pour les riverains, et que cette transformation excite les plus vives réclamations. A notre avis, c'est le principal obstacle à la réalisation du projet.

Cependant l'opposition que fait la ville de Rouen ne me paraît pas un obstacle insurmontable, malgré la formidable levée de boucliers qui s'est produite à ce sujet.

Examinons, en effet, d'un peu près ce qui se passerait :

A la remonte, les navires sont obligés de suivre le flot : ils ne peuvent donc se présenter devant les ponts qu'un peu avant ou un peu après l'étale de pleine mer. A la descente, bien que les conditions soient sensiblement différentes, on pourra exiger qu'ils franchissent Rouen au même moment.

Il serait donc possible de concentrer tout le mouvement à pleine mer, comme cela a lieu actuellement dans tous les ports à marée,

et faire entre les deux ponts actuels distants de 300 *m* des éclusées de navires montants ou avalants. C'est-à-dire que le passage ne pourrait avoir lieu qu'une fois toutes les douze heures, ce qui réduit déjà beaucoup l'incommodité de l'ouverture des ponts. Avec les éclusées, on s'arrangerait pour qu'il y ait toujours un pont de fermé sur les deux ponts existant à Rouen. Les voituriers connaitraient vite le règlement qui interviendrait à ce sujet ; ils seraient donc toujours assurés de pouvoir passer au moyen d'un détour moyen de 3 à 400 *m*.

Les habitants qui, de l'ouest de la ville, vont à Saint-Sever, sont obligés de faire un bien plus long détour sans se plaindre, et on peut affirmer que si Rouen, avec raison, ne voulait maintenir son port au milieu de la ville, il y a longtemps qu'un pont serait construit en face du boulevard Jeanne-d'Arc. La ville s'impose donc aujourd'hui volontairement, pour maintenir le port au centre de la ville, une servitude bien plus lourde que celle de l'ouverture des ponts deux fois par vingt-quatre heures. Aussi, le jour où la construction du canal serait irrévocablement décidée, la Municipalité et la Chambre de commerce seraient les premières à réclamer que la navigation continue à suivre la Seine en passant entre ses quais plutôt que de faire le tour au sud de Saint-Sever.

En somme, Rouen se trouverait dans une meilleure situation que Liverpool par rapport à Birkenhead, que New-York par rapport à Brooklyn et à Jersey City, et le souhait qu'on peut faire, qui n'est pas irréalisable, qui peut devenir la conséquence de ces travaux, c'est que sa prospérité devienne comparable à celle de ces grandes villes commerciales.

Sur son tracé le canal rencontrerait entre la mer et Clichy, sur un parcours de 186 *km* :

Ponts route	18	
Ponts de chemins de fer .	5	dont 1 fixe à 23 *m* de hauteur au-dessus de l'eau.
TOTAL. . . .	23	

soit un pont environ par 8 *km*.

Au canal de la Baltique, il y a un pont par 12 *km* sans compter les bacs.

Une question du même ordre est celle de la concession de la Seine à une Compagnie privée.

Messieurs, je pense que ces protestations n'ont pas de raison d'être, l'État est toujours assez armé par les cahiers des charges, par la menace de la déchéance, par la faculté de rachat, pour faire

exécuter les conventions d'une Compagnie dont l'intérêt est de faire le plus grand trafic possible.

Ce n'est pas nous, en si grand nombre au service des Compagnies concessionnaires du domaine public, qui pouvons nous élever en principe contre l'exécution de ces grands travaux par l'industrie privée; ce ne sont pas ceux de nos collègues qui réclament, et avec raison à mon avis, la concession des canaux, l'amélioration de l'embouchure de la Seine au moyen de concessions analogues.

Cette objection n'est pas fondée, ce serait la condamnation de nos grandes Compagnies de chemins de fer dont les services ne se comptent pas; si on peut leur reprocher le défaut d'être trop autoritaires, le défaut des puissants, nul ne peut nier qu'elles n'aient fait progresser l'industrie des travaux publics, qu'elles n'aient développé le commerce plus que n'eût jamais pu le faire l'État; il me paraît inutile d'insister sur ces considérations.

IV. — Utilité du projet.

Sur ce point encore, je pense que les critiques dépassent le but. En niant en principe l'utilité de cette idée, en affirmant qu'elle ne peut être que dangereuse, on reproduit sans le vouloir les arguments que les intérêts lésés, que les timides ont adressés de tous temps aux grands projets qui peuvent amener un changement dans les habitudes acquises.

Quel est celui de nous, ayant dépassé la quarantaine, qui ne se rappelle les polémiques violentes auxquelles a donné lieu le canal de Suez, et dont un de nos anciens présidents s'est fait ici l'écho? Antérieurement, et sur une plus petite échelle, je me rappelle, dans mon enfance, avoir entendu les mêmes arguments pour empêcher les chemins de fer de traverser Lyon, de franchir la Garonne à Bordeaux; en remontant plus loin encore on retrouve dans toutes les bibliothèques des amas de brochures contre les chemins de fer, démontrant péremptoirement qu'ils ne pouvaient servir à rien, qu'ils causeraient la ruine du pays, qu'ils transporteraient à un prix plus élevé que le roulage, qu'ils seraient une cause de danger pour la santé publique et vous savez, messieurs, que les esprits les plus éclairés, les hommes d'État les plus distingués ont partagé un temps ces préjugés.

Et pour rester sur la question spéciale qui nous occupe, au moment où la discussion de la Seine à 3 *m* se discutait à la Chambre, on adressait à M. Krantz les plus violentes philippiques :

« *Vous voulez nous gratifier d'un tirant d'eau de 3 m dont nous n'avons nul souci, et vous refusez celui de 2 m que nous réclamons avec instance.* »

Il n'y a pas de doute, messieurs, en amenant le navire de mer à Paris, on donnerait au commerce de nouvelles facilités ; ce que vous a dit M. Bouquet de la Grye à ce sujet est vrai, il n'y a rien à en retrancher ; la seule question à poser est de savoir si l'on ne payerait pas ces avantages trop cher ; il faut rester sur ce terrain, la question est suffisamment difficile à résoudre.

Examinons s'il y a quelques données qui peuvent nous y aider, en premier lieu, quels seront les navires qui profiteront de la nouvelle voie de communication ?

Le paquebot postal à grande vitesse doit tout sacrifier à la régularité et à la rapidité de la traversée, et par conséquent recherche les ports placés directement sur l'Océan ; il a même une tendance à faire escale au port le plus avancé vers la haute mer pour prendre la malle qui va plus vite par le chemin de fer, pour épargner quelques jours, souvent quelques heures de navigation aux passagers : — Brindisi pour les courriers anglais de l'Extrême-Orient, Naples pour les nôtres avant nos démêlés avec l'Italie, Lisbonne pour le Sud Atlantique, Queenstown pour les services partant de Liverpool, — en sont la démonstration la plus frappante.

Les services mixtes plus ou moins réguliers faisant en de nombreuses escales la cueillette des marchandises recherchent également les ports du littoral, et n'accepteront jamais la perte de temps qui résulterait pour eux de la fréquentation des ports intérieurs, à moins cependant qu'ils n'y aient leur terminus.

Nous en voyons la preuve dans les services partant des ports intérieurs de Hambourg et d'Anvers, faisant escale au Havre, à Cherbourg, à Southampton, mais ne remontant pas à Rouen ; dans les Compagnies qui desservent le Canada et qui remontent jusqu'à Montréal, à 845 *km* de l'embouchure du Saint-Laurent, mais ils débarquent la malle et les passagers à Rimowski (354 *km*), point où ils rencontrent la première station de l'Intercolonial Ry et continuent à une vitesse plus modérée jusqu'à la métropole commerciale.

Cette clientèle n'abandonnera jamais les ports du littoral, pas plus que les navires portant une cargaison destinée à une réexpédition maritime. Il faut que le cabotage puisse répartir entre les ports secondaires destinataires les marchandises sans perte de temps, sans parcours inutile.

Mais combien de navires arrivent avec des chargements destinés aux grands marchés, au transit continental? Ceux-là recherchent avant tout les grands entrepôts, les agglomérations puissantes, où se trouvent les centres commerciaux, les nœuds des voies de communication, d'où la marchandise puisse rayonner dans toutes les directions. Et quelle ville sur le continent est mieux partagée que Paris sous toutes ces conditions?

Paris est déjà en possession du plus grand marché de grains, du plus grand marché de sucres de l'Europe; déjà la spéculation sur les cafés commence à être presque aussi importante qu'au Havre même, et je ne cite qu'un petit nombre d'articles. Le jour où des entrepôts réels, alimentés par l'importation directe sans transbordement, seront créés à Paris, on peut prévoir son développement indéfini, et notre ville deviendra, sinon la rivale commerciale de Londres, du moins son émule.

Dans nos discussions, on a trop passé sous silence cette transformation du marché de Paris, de l'avenir réservé aux entrepôts des marchandises tendant à s'accumuler dans notre capitale, où se trouvent les gros capitaux; mais la Chambre de commerce l'a bien compris, et ses votes en font foi.

Dans un travail qui a eu un grand retentissement, un de nos collègues les plus autorisés en fait de travaux maritimes, M. Vautier, a démontré le rôle des ports intérieurs pour le développement du commerce de transit, pour le développement des grands marchés continentaux, pour celui de l'industrie, qui a besoin d'échanger ses matières premières avec les produits transformés. Il a trop bien fait voir leur supériorité à cet égard sur les ports du littoral pour qu'il soit nécessaire de reprendre ces arguments, que je ne pourrais que reproduire, et qu'il a développés avec une magistrale autorité; mais s'il combat aujourd'hui Paris port de mer, me permettra-t-il de lui demander à quelle distance du littoral un port cesse d'être utile? Nous trouverons la réponse en parlant de la canalisation du Saint-Laurent.

On vous dit que la batellerie peut rendre ces services à meilleur marché que le navire de mer. Essayons encore une fois d'évaluer l'opération d'un navire de 1 000 *t*, d'après les chiffres qui semblent adoptés par tout le monde et que nous avons pu vérifier chez un de nos plus grands armateurs.

Il y a dix ans, on comptait que le prix de transport du tonneau de marchandises par vingt-quatre heures était de 0,70 *f*; aujourd'hui il est compris entre 0,50 *f* et 0,60 *f*. Prenons le maximum, 0,60 *f*.

Le navire peut remonter en vingt-quatre heures de Rouen à Paris : sa dépense sera donc de 680 *f* à la remonte, 600 *f* à la descente. On peut, de plus, admettre que le navire touchera bien comme fret 2 *f* de plus pour Paris que pour Rouen.

On aura alors, comme opération comparative pour le transport de la marchandise entre le port de Rouen et celui de Clichy :

NAVIRE REMONTANT LA SEINE

Dépenses.

Péage sur le canal, aller et retour	Fr.	6 500	
Frais du navire : deux jours à 600 *f*		1 200	
			7 700
Recettes.			
Fret à la montée, 1 500 *t* à 2 *f*	Fr.	3 000	
Fret à la descente, 500 *t* à 2 *f*		1 000	
			4 000
EXCÉDENT des dépenses du navire	Fr.		3 700

MARCHANDISES EN TRANSBORDEMENT PAR LA BATELLERIE

Droits et frais à Rouen	Fr.	600	
Transbordement de 1 500 *t* à 0,75 *f*		1 125	
Batellerie à la montée, 1 500 *t* à 3,60 *f* la tonne		5 400	
Batellerie à la descente sur 500 *t* à 2,60 *f*		1 300	
Transbordement de 500 *t* à 0,75 *f*		375	
			8 800
DIFFÉRENCE en faveur du transport direct	Fr.		5 100

soit, par tonne, $\frac{5\,100}{2\,000} = 2{,}50$ *f*.

La marchandise, il est vrai, n'est que sous palans à Clichy, et jusque-là les désaccords ne sont pas très grands dans les évaluations; mais les adversaires du projet ajoutent le camionnage et arrivent à un chiffre total plus élevé pour l'intérieur de Paris.

Il est certain que, sur certains points de Paris, cette différence fera pencher la balance pour la batellerie, mais Clichy l'emportera pour Saint-Denis, Asnières, Saint-Ouen; il l'emportera pour les docks établis par la Société où se fera l'entrepôt réel. Le port sera relié avec les voies ferrées de tous les réseaux; il sera muni d'un outillage perfectionné. Clichy l'emportera également sur la batellerie pour tout le trafic de transit en réexpédition par chemin de fer.

Il faudrait encore ajouter les avantages accessoires, diminution des déchets, des coulages, des risques d'avaries, etc., qui sans pouvoir être chiffrés, n'en sont pas moins importants.

Si l'État construisait lui-même le canal sans faire payer de droits de navigation, l'avantage en faveur du navire de mer s'accentue-

rait bien davantage; il est vrai que ce serait l'impôt qui paierait ces frais, mais si la balance est avantageuse pour le pays, il peut devenir opportun d'avoir recours à cette solution, qui a été adoptée pour la plupart de nos travaux publics, y compris même les chemins de fer dont une grande partie du capital a été constituée par des subventions.

On objecte que les Compagnies qui ont essayé le cabotage direct n'ont pas donné de brillants résultats. Remarquons d'abord qu'elles vivent, ce qui est quelque chose, et cherchons ensuite les raisons de leur peu de développement.

En premier lieu, il faut compter que les habitudes commerciales se déplacent lentement; ensuite, que le défaut complet d'outillage du port Saint-Nicolas leur crée une infériorité réelle pour leur trafic; on a, et avec juste raison, subordonné leurs installations à la décoration de Paris devant le Louvre, mais, par une anomalie bizarre, on ne leur permet pas de faire les opérations de douane ailleurs qu'en ce point. Elles ont dû abandonner Bercy, Grenelle, qui eussent été fructueux, à cause de ces difficultés. Il faut enfin ajouter que le prix du fret, dans ces derniers temps, n'est pas rémunérateur et que les anciennes Compagnies, déjà maîtresses des marchés, écartent leurs rivaux par des prix ruineux, pour conserver leur clientèle.

Il reste à examiner une dernière objection :

Le Canal maritime qui pouvait être nécessaire il y a cinquante ans, avant la construction des chemins de fer et l'amélioration de la Seine, n'a plus de raison d'être en raison de l'abaissement du prix des transports.

Elle est plus spécieuse que réelle; elle eût pu aussi bien être opposée à l'amélioration de la Seine il y a quinze ans, puisque déjà le chemin de fer avait abaissé le prix de l'ancien roulage de plus de 60 0/0; cependant, comme avec l'outillage perfectionné de toutes les nations commerciales, les différences ne se comptent plus par francs mais par centimes, cette amélioration quoique trop timide n'en a pas moins été pour le pays un immense bienfait.

On pourrait tout aussi bien opposer cette objection à toute amélioration nouvelle, l'admettre en principe serait nous condamner à l'immobilité; dans les questions de ce genre, le vrai critérium consiste à étudier si la balance finale est à l'avantage du pays.

V. — Canaux maritimes les plus récents.

Il y aurait encore beaucoup à dire sur toutes ces questions et j'ai déjà été bien long ; je ne puis cependant passer sous silence quelques exemples qui m'ont beaucoup frappé. Je ne rappellerai pas le canal de Manchester dont on vous a déjà entretenu.

Canada.— Au Canada, qui compte 5 millions d'habitants, on a fait pour amener le navire de mer à l'intérieur, des travaux que je résume rapidement : La navigation maritime s'arrêtait il y a peu d'années à Québec, à 725 *km* de l'embouchure ; en amont, le mouillage n'était que de 3 *m*, celui de la Seine. Les arguments qui vous ont été développés pouvaient d'autant plus s'appliquer là que la largeur du fleuve, l'absence de ponts permettaient à des bateaux de grand tonnage et de faible tirant d'eau de faire la remonte ; cependant on n'a pas hésité, au prix de dragages importants, à creuser le Saint-Laurent à 8 *m* de mouillage sur 140 *km* pour permettre l'arrivée des plus grands navires à Montréal, et pourtant au lieu des *huit jours, en moyenne*, d'interruption sur la Seine de la navigation par les glaces, chiffre donné par M. Krantz, le Saint-Laurent est complètement pris du 15 novembre au 10 mai, en moyenne, c'est-à-dire que la navigation est complètement interrompue pendant six mois.

En 1880, la navigation était assurée entre les rapides du Saint-Laurent, en amont de Montréal, et le chapelet des grands lacs par des canaux offrant un mouillage de 12′ anglais (3,66 *m*). Cette année-là, on commençait à porter le mouillage à 14′ (4,20 *m*), permettant la navigation des navires de 1 500 *t;* en 1887, on trouvait que ce n'était pas suffisant, les nouveaux travaux étaient faits pour un mouillage de 16′ (4,90 *m*), en vue des navires de 2 000 *t*, et les États-Unis, renchérissant sur les travaux de leurs voisins, avaient commencé sur leur territoire des canaux à plus grand tirant d'eau. Il faut donc compter qu'avant longtemps, malgré les ponts tournants, malgré le réseau serré des chemins de fer, les navires de mer iront pendant les six mois d'été chercher à Chicago, sur le Michigan, et dans les ports du lac Supérieur, à plus de 3 000 *km* de l'embouchure du fleuve, à 170 *m* d'altitude, les marchandises du centre de l'Amérique. Ce qu'un pays peu peuplé a fait en doublant ses chemins de fer par des voies navigables de cette importance semble une démonstration éclatante des avantages que l'on attend de la pénétration des navires de mer dans l'intérieur des terres.

Canal de Gand à Terneuzen. — Nous pouvons trouver des exemples plus près de nous. La figure 3, planche 50, donne la coupe en travers du canal maritime de Gand à Terneuzen, bien que la batellerie pût déjà remonter à Gand par l'Escaut et profitât déjà de ce canal. C'est un canal à écluses, qui rencontre des ponts tournants, qui est traversé par des chemins de fer, qui est tracé au milieu d'un pays aussi peuplé que la vallée de la Seine. On n'a pourtant pas hésité, dans ces dernières années, à le creuser pour permettre la navigation des navires de mer. Nous résumons les conditions de sa transformation :

De Gand au Sas	21 360	*m*
Du Sas aux écluses de Terneuzen. .	12 756	
Des écluses à l'estuaire de l'Escaut.	600	
LONGUEUR TOTALE.	34 716	*m*

On a adopté la profondeur de 6,50 *m*, qui paraît être maintenant la cote normale pour les navires de commerce.

Largeur au plafond, 17 *m*, bien inférieure, comme on le voit, aux 45 *m* projetés pour la Seine.

Canal de Louvain à l'Escaut. — La ville de Louvain est admirablement desservie par les chemins de fer et un canal de 3,50 *m* de mouillage. Si les théories du rôle de la batellerie comparé à celui des navires de mer exposées devant la Société étaient exactes, il n'y aurait pas lieu de songer à faire mieux; cependant on a étudié un projet de canal maritime dont nous donnons, planche 50, les profils en long eten travers, parce qu'ils sont instructifs.

Ce canal traverse un des pays les plus peuplés et les plus industrieux du monde, et cependant on n'a pas reculé devant les ponts tournants pour des lignes de premier ordre, devant des courbes de 1 000 *m*, une largeur au plafond de 18 *m*, un mouillage de 5,50 *m*, que l'on estime suffisant pour des navires de 2 000 *t*.

On ne recule pas devant la construction de cinq écluses, pour remonter le navire à la cote 17,10 à 133 *km* de la mer. On ne s'arrête donc pas à cette règle affirmée devant vous que la limite de pénétration du navire est le point où cesse l'action de la marée.

La ville, la province, l'État offrent des subventions importantes.

On trouve sur le parcours :

Ponts routes.	4
Ponts de chemins de fer. . . .	3
AU TOTAL.	7 pour 34 *km*,

soit un pont pour 5 *km* environ, au lieu d'un pour 8 *km* sur la Seine.

Canal de Bruxelles à la mer. — Le projet est moins avancé, mais il se trouve dans des conditions analogues.

Canal de la Baltique.

Nous demandons encore à résumer les données principales d'établissement du canal de la Baltique, bien qu'il ne soit pas un canal de pénétration, parce que nous pouvons y trouver des renseignements précieux sur les conditions auxquelles doivent satisfaire les canaux maritimes, et que nous y trouvons la confirmation des idées qui ont été développées devant vous pour la navigabilité de ces voies nouvelles et une réponse, par le fait, aux critiques et objections faites au projet de M. Bouquet de la Grye.

Nous donnons, d'après le *Génie civil*, le schéma et la coupe en travers du canal (fig. 5 et 6, pl. 50).

Mouillage. — Le tirant d'eau des cuirassés étant de 8,05 *m*, on a porté le mouillage à 8,48 *m*, soit 0,42 *m* de profondeur sous la quille, ce mouillage pouvant être porté à 9 *m*. On a prévu pour les installations destinées aux navires de commerce un mouillage de 6,50 *m*, comme sur la Seine.

Courbes. — Le rayon minimum des courbes descend à 1 000 *m* au lieu de 1 500 *m* prévus sur la Seine.

Courants. — On prévoit des courants variables entre les limites de 0,80 et 1,45 *m*, tandis qu'on a affirmé qu'avec des courants de 1 *m* la navigation serait extrêmement dangereuse sur la Seine.

La *largeur au plafond* est de 20 *m*, c'est-à-dire plus de la moitié moindre que celle prévue pour la Seine, la surface mouillée est de six fois la section des plus grands navires ; on estime que la résistance ne sera pas plus grande que dans l'Elbe.

Ouvrages fixes. — 2 ponts tournants pour routes
3 ponts tournants pour chemins de fer
1 pont fixe — —
16 bacs dont plusieurs à vapeur
2 écluses doubles, une à chaque extrémité

} 8 ouvrages fixes pour une longueur totale de 98 *km*, soit 1 tous les 12 *km*.

Les Allemands ne redoutent donc pas, autant que les critiques qui ont été formulées devant vous, pour le passage de leurs plus grands navires, la traversée des ponts, des écluses, la vitesse des courants, le peu de largeur du plafond, le faible rayon des courbes.

VI. — Conclusions.

De ce qui précède, il nous semble permis de conclure qu'au point de vue technique la Seine peut être rendue accessible aux navires de mer, sans dépenses exagérées, dans des conditions de navigabilité largement suffisantes, sans nuire au régime hydrologique de la vallée, au prix, il est vrai, d'une certaine gêne pour les riverains résultant de la coupure des ponts.

L'utilité économique paraît également démontrée ; la tendance actuelle de toutes les nations à faire pénétrer le navire de mer le plus loin possible en est une preuve évidente.

Le problème s'est donc précisé ; sa solution dépend de la réponse aux questions suivantes :

La canalisation maritime de la Seine entre Paris et la mer est-elle une œuvre d'utilité telle qu'elle permette d'imposer une lourde servitude aux riverains ?

Le moment est-il venu de se mettre à l'œuvre ?

Peut-on en confier la réalisation à l'industrie ?

Ce sont les points qui nous restent à examiner.

Au point de vue économique. — On ne peut nier que cette nouvelle voie de communication n'entraîne un déplacement des marchés, des prix de revient, des habitudes commerciales, mais on ne vous persuadera pas que Paris peut y perdre, que la France puisse souffrir de l'augmentation de son commerce, de l'abaissement des prix de revient, de l'extension de ses relations commerciales, du développement de ses marchés. Il est difficile de les chiffrer, il faut l'avouer, mais si la Compagnie Paris-Port-de-mer ne retirait de son œuvre aucun profit, le pays en retirerait un bénéfice certain, et il suffirait que ces bénéfices compensent l'immobilisation des capitaux engagés dans l'entreprise pour la justifier, et c'est probablement ce qui arriverait en peu de temps.

Au point de vue de la rémunération du capital. — Le doute peut être permis, il faut l'avouer ; les exemples qu'on peut chercher au dehors ne sont pas concluants : en effet, si le développement commercial a souvent devancé l'achèvement des travaux, il s'est, par contre, fait attendre sur d'autres points. Il est donc impossible de prévoir si le trafic direct maritime rendra l'opération fructueuse ; mais, en dehors de l'accroissement normal du commerce qui ne paraît pas devoir s'arrêter, il y a lieu de compter que l'ouverture

de l'Afrique, le développement certain des républiques de l'Amérique du Sud, dès que leur situation politique sera mieux assise, lui donneront une impulsion qui peut motiver toutes les espérances.

S'il s'agissait des deniers de l'État, on pourrait discuter l'opportunité d'une pareille dépense; on pourrait hésiter à augmenter nos charges, déjà si lourdes, pour un résultat qui peut se faire attendre longtemps encore; mais si des particuliers ont confiance dans cette œuvre, si les aléa d'une pareille entreprise, d'utilité publique au premier chef, ne les font pas hésiter à lui confier leurs capitaux, au nom de quel principe économique viendrait-on y mettre obstacle? Qui oserait prétendre que certains intérêts privés peuvent s'y opposer? Quelque respectables qu'ils soient, ils doivent s'effacer, c'est la loi du progrès, comme ils ont dû le faire lors de l'application de la vapeur, lors de la création des chemins de fer, comme ils doivent le faire chaque jour devant la transformation incessante de l'outillage industriel.

Mais avant de confier à une Compagnie une partie si importante du domaine public, l'État a le devoir impérieux de lui demander toutes les garanties nécessaires à la sauvegarde du droit des tiers, à l'exécution irréprochable des travaux, à l'accomplissement intégral de tous les engagements pris; il a le devoir de s'assurer que les ressources sont suffisantes pour que l'entreprise, une fois commencée, soit menée à bonne fin; le cahier des charges devra être mûrement discuté et forcément très exigeant; en un mot, toutes les précautions devront être prises pour bien renseigner le public sur l'étendue des engagements qu'il contracte avant de risquer ses capitaux.

A la suite des discussions qui ont eu lieu, des exigences du cahier des charges, il est bien probable que les capitaux privés hésiteront avant d'aborder ce redoutable inconnu, et les travaux seront remis à une époque ultérieure, où les transformations du matériel naval, le déplacement des courants commerciaux, des circonstances nouvelles imposeront à son heure l'exécution de ce projet actuel, qui a contre lui deux bien graves défauts : d'abord d'avoir été conçu trop hardiment, et ensuite d'être prématuré.

Pour le moment, ce qu'il faut faire, ce qui est urgent, c'est la création d'un outillage perfectionné sur les quais du Paris industriel, en respectant le Paris monumental, c'est l'organisation sur les bases les plus larges des services douaniers à l'intérieur de Paris, ce sont des encouragements au lieu d'obstacles, de la part

de l'administration, c'est la création d'un matériel naval de transition bien approprié au cabotage, c'est l'éclairage complet de la Seine, c'est l'abandon de règlements surannés, tracassiers, draconiens pour la navigation fluviale et l'adoption de nouveaux, conçus de la façon la plus libérale, c'est l'amélioration rapide de nos canaux. C'est enfin le raccordement de nos grands réseaux de chemins de fer aux quais de la Seine.

Une partie de ces réformes est à l'étude, d'autres sont en cours d'exécution ; souhaitons qu'elles reçoivent toutes une solution prompte et large. Nous verrons comme conséquence les 5 millions de tonnes actuels de Paris augmenter rapidement, les navires de la Société Parisienne étendre leurs voyages, des Compagnies nouvelles se former et, comme au Canada, le tirant d'eau de 3 *m* ne tardera pas à devenir insuffisant ; mais alors il faudra voir de plus loin et passer résolument au mouillage de 6,50 *m*, pouvant sans de trop grands remaniements être porté ultérieurement à 7 *m*, même à 8 *m*.

Peut-être à ce moment l'exemple du cabotage à vapeur amènera-t-il les grands transports longs courriers à modifier leur mâture, déjà si rudimentaire. Ce serait la solution complète des canaux maritimes intérieurs. Le navire de mer pourrait dès lors arriver non seulement à Paris, mais encore à tous les grands marchés pour lesquels l'altitude ou les conditions topographiques ne constituent pas des obstacles insurmontables, et c'est peut-être ce qui hâtera cette transformation ; malheureusement, nous en sommes encore loin.

CHRONIQUE

N° 143

Sommaire. — La laine minérale. — Accidents à des foyers ondulés. — La navigation intérieure en Espagne. — Rupture de volants. — Le charbon en Turquie. — Nouvelles locomotives américaines. — Transmissions en fer creux.

La laine minérale. — Le *Railroad and Engineering Journal* donne une série d'articles sur la chimie appliquée aux chemins de fer, de M. C.-B. Dudley, le chimiste bien connu du *Pensylvania Railroad*. Nous croyons devoir résumer un de ces articles consacré au sujet assez peu connu de la laine minérale.

La laine minérale ou laine de laitier est obtenue par la division en fibres du laitier à sa sortie du haut fourneau par un jet de vapeur à haute pression. Ces fibres ont l'aspect du coton ou de la laine. On sait que les laitiers de hauts fourneaux contiennent des impuretés de diverse nature, notamment des composés sulfureux qui, dans certains cas, peuvent avoir un mauvais effet. Aussi a-t-on quelquefois remplacé les laitiers artificiels par des minéraux fusibles qu'on fond dans des fourneaux spéciaux et qu'on traite également par la vapeur. Ce sont les produits ainsi obtenus qu'on devrait appeler laine minérale en réservant le nom de laine de laitier à celle qui est obtenue des scories de hauts fourneaux.

L'emploi assez récent de ces matières s'est répandu avec une très grande rapidité. Les chemins de fer des États-Unis les commandent actuellement par 10 000 *kg* à la fois et on peut citer des ordres montant à 20 000. Il n'est donc pas étonnant que cette fabrication se soit élevée au rang d'une véritable industrie.

L'application dans les chemins de fer se borne presque uniquement au remplissage des doubles planchers des voitures à voyageurs, dans le but d'amortir le bruit et les vibrations, et des doubles parois des wagons à réfrigération. Les essais faits pour la protection des chaudières et des tuyaux de vapeur contre le refroidissement n'ont pas eu de succès. L'expérience a démontré que, lorsqu'il se produit une fuite donnant passage à de l'eau ou de la vapeur, l'eau en contact avec les composés sulfureux contenus dans la laine minérale les décompose ; il se forme de l'acide sulfurique, et une attaque très énergique du métal de la chaudière ou des tuyaux en résulte. On a donc renoncé à se servir de cette matière comme isolant de récipients contenant de la vapeur. Nous voulons parler de laine de laitier, car la New-York Steam Company continue à employer avec de très bons résultats des laines minérales exemptes de soufre. On peut d'ailleurs trouver bien d'autres matières à bon marché pour être employées à cet usage.

Lorsqu'on examine attentivement et, au besoin, au microscope la

laine minérale, on constate qu'elle renferme une proportion plus ou moins considérable de petits globules de laitier qui n'ont pas pris la forme fibreuse. La proportion de ces globules s'élève parfois à 30, 40 et même dans certains cas à 60 0/0 du poids total. Si on considère que l'acheteur qui achète au poids cette matière dans le but d'en remplir un espace subit un détriment du fait de la présence de ces globules, qui n'ont aucune valeur pour lui et qu'il paie comme les fibres, la laine minérale devenant l'objet de transactions journalières, il était nécessaire de trouver un mode d'essai de cette matière permettant d'en obtenir l'emploi le plus économique. Le problème n'était pas des plus faciles à résoudre. La matière est achetée au poids et on l'emploie au volume. Il faut donc obtenir le poids d'un volume donné dans des conditions identiques et sans que la matière éprouve une compression qui fausserait évidemment la comparaison.

On a employé dans ce but l'appareil suivant :

C'est un récipient cylindrique de 0,25 à 0,30 *m* de diamètre et 0,08 à 0;10 *m* de hauteur, dont la partie supérieure est fermée par une membrane de caoutchouc très mince formant joint étanche avec les parois du cylindre. Sur cette membrane est posé un disque mince en verre. La paroi cylindrique du récipient porte une tubulure à laquelle s'ajustent un tuyau de caoutchouc et un tube vertical en verre gradué formant niveau; le tuyau en caoutchouc aboutit à un tube en verre de plus gros diamètre, mobile verticalement et divisé en parties représentant des centimètres cubes et des fractions s'il est besoin. On commence par remplir d'eau le bassin et les tubes en ayant soin que l'air soit complètement expulsé du premier.

Cela fait et la plaque de verre étant fixée sur le récipient par des pinces, on élève le tube mobile jusqu'à ce que l'eau monte dans le tube de niveau à une hauteur déterminée une fois pour toutes, soit, par exemple, 0,60 *m*. Dans cette position, la plaque de verre éprouve une certaine pression de bas en haut de la part de l'eau.

On baisse ensuite le tube mobile de manière à supprimer la pression; on enlève la plaque de verre et on introduit entre elle et le caoutchouc une poignée environ de laine minérale pesée avec soin, en l'éparpillant un peu de manière qu'elle ne reste pas en masse.

On repose la plaque de verre et on remonte le tube mobile de façon que la pression de l'eau sous le diaphragme comprime légèrement la laine minérale entre le verre et lui. L'espace occupé par la matière se traduit par un accroissement de hauteur de l'eau dans le tube niveau, lequel donne le volume de la matière, et comme ce volume est mesuré sous une pression constante, on doit considérer le problème comme résolu, puisqu'on a un terme de comparaison entre les divers échantillons de laine minérale à poids égal. Cet appareil est très simple et très exact; il peut être employé pour toute espèce de matière dont on a besoin de déterminer le poids sous un volume donné.

Néanmoins, la manipulation n'est pas sans exiger quelques précautions. Le point délicat est que la totalité de l'échantillon essayé n'est pas soumise à une pression identique; la partie centrale est plus comprimée

que les bords; mais l'erreur qui en résulte n'est pas considérable si on opère avec quelque soin.

Les spécifications pour la fourniture de laine minérale au Pensylvania Railroad sont ainsi conçues :

A la réception de la marchandise, on prélèvera trois échantillons sur trois sacs différents. On pèsera une certaine quantité et on en déterminera le volume au moyen de l'appareil décrit sous une charge constante mesurée par une hauteur d'eau de 0,61 *m* (24 pouces). Des dessins en bleu de l'appareil d'essai seront remis sur demande aux fournisseurs. Les livraisons dont le poids spécifique moyen déterminé par l'essai de trois échantillons dépassera 15 livres par pied cube, soit 240 *kg* par mètre cube, seront refusées.

On avait d'abord pensé à exiger un poids spécifique inférieur à 160 *kg* par mètre cube, mais on a reconnu qu'avec les moyens primitifs dont on dispose pour la fabrication de la laine minérale, il était impossible d'obtenir une production régulière dans ces conditions. Avec le cahier des charges actuel, il est tres rare qu'on ait à refuser des fournitures. On a de la peine à faire entrer 550 *kg* de matière dans la garniture complète d'une voiture à voyageurs, tandis qu'avant l'application des spécifications on en employait jusqu'à 1 300 *kg*. Ces spécifications ont été mises en usage en juin 1887.

Accidents à des foyers ondulés. — L'emploi des foyers ondulés a été un grand progrès qu'on peut apprécier par le développement considérable de ce système; mais s'ils ont une résistance bien supérieure à celle des foyers lisses dans les conditions normales du service, ils ne sont pas plus exempts que ceux-ci d'accidents survenus dans des cas particuliers de surchauffe locale ou accidents analogues.

Les *Annales de Glaser* citent deux exemples intéressants de ce genre. Le premier s'est produit sur une chaudière de l'usine d'élévation d'eau à Essen-sur-Ruhr. Cette chaudière avait été faite en 1882 ; elle était cylindrique avec foyer intérieur ondulé du système Fox fait chez Schulz-Knaudt, à Essen. Le diamètre du corps était de 2,20 *m* et la longueur de 10 *m*. Le foyer ondulé avait 1,24 *m* de diamètre intérieur et 4,20 *m* de longueur. L'épaisseur de la tôle d'acier était de 10 1/2 *mm*. La chaudière avait été essayée et timbrée pour une pression de 6 1/2 *kg ;* elle fonctionnait habituellement à 5 *kg*. On brûlait en service environ 90 *kg* de combustible par mètre carré de grille et par heure et la chaudière vaporisait normalement 20 à 22 *kg* d'eau par mètre carré de surface de chauffe, toutes conditions qui n'ont rien d'excessif.

Une nuit le niveau d'eau descendit au-dessous du ciel du foyer par une circonstance qui n'a pas été expliquée et le chauffeur ne s'en aperçut que parce qu'en ouvrant la porte pour mettre du charbon il vit que la partie supérieure du foyer était rouge; il appela le mécanicien; mais, avant l'arrivée de celui-ci, le foyer s'était écrasé sur une longueur de près de 1,50 *m* au-dessus de l'autel, c'est-à-dire à la partie où la température était la plus élevée; la tôle rouge était venue se mouler par la pression de la vapeur sur les briques de l'autel. sans aucune déchirure,

ce qui prouvait, comme d'ailleurs les épreuves faites après l'accident, l'excellente qualité de la matière.

Le second exemple est celui du steamer *Kolomna* naviguant sur la mer Caspienne. La chaudière était une chaudière ordinaire de marine, tubulaire à enveloppe cylindrique, avec deux foyers ondulés de 0,800 *m* de diamètre à l'intérieur des cannelures. L'eau de la mer Caspienne est très mauvaise et donne lieu à la formation d'incrustations dures et épaisses.

Un des foyers s'est écrasé partiellement ; mais, chose singulière, à la partie inférieure, l'axe de la bosse faisant un angle d'environ 30° avec la verticale et du côté de l'entre-deux des foyers. La chaudière était tellement entartrée dans le bas qu'on ne put pas ouvrir l'autoclave situé à la partie inférieure entre les deux foyers et qu'on dut le briser. La bosse dont nous avons parlé était sous la grille et une autre plus petite derrière l'autel. Elles ne se sont pas produites, comme dans l'exemple précédent, à l'endroit où la chaleur était la plus forte, mais à celui où les incrustations avaient le plus d'épaisseur. Il n'y avait pas eu plus de déchirure de la tôle que dans l'autre cas et, comme on n'aurait pas pu facilement rétablir les ondulations des tôles de foyers et qu'il serait toujours resté une partie faible, on a préféré laisser les choses dans l'état et rattacher les bosses à l'enveloppe de la chaudière par un certain nombre d'entretoises fixées avec un double écrou serrant la tôle. Cette réparation a très bien tenu et la chaudière a pu continuer son service.

Ces faits montrent que, si les foyers ondulés sont exposés comme les foyers lisses à certains accidents, les conséquences de ces accidents sont généralement moins graves, parce que la fabrication même donne une garantie de la qualité de la tôle avec laquelle ils sont faits, qualité qui est par elle-même une cause de sécurité.

La navigation intérieure en Espagne. — La navigation intérieure en Espagne est très peu importante ; elle se borne en général à l'embouchure des fleuves et il n'y a que deux voies artificielles, le canal de Castille et le canal impérial d'Aragon.

La première de ces voies traverse le plateau de la Vieille-Castille sur 120 *km* environ, de Valladolid à Alar del Rey, au pied des montagnes Cantabriques, avec un embranchement de 80 *km* courant vers l'est, de Duenas à Rio Seco. Ce canal a été établi largement, il a 16 *m* au niveau du sol, 12 à la ligne d'eau et 6 au plafond ; le tirant d'eau est de 2 *m*. La plus grande partie des travaux ont été exécutés à la fin du XVIII^e^ siècle aux frais de l'État ; mais le reste, demeuré longtemps abandonné, n'a été repris qu'en 1831 et terminé en 1849 par une Compagnie qui en reçut du gouvernement la concession pour soixante-dix ans.

Le trafic se compose principalement de farines, de grains et de charbons transportés par des barques de 35 *t* halées par des chevaux ; il n'y a pas moins de 49 écluses dont la hauteur moyenne de chute est de 3,30 *m* et qui fournissent en même temps la force motrice à 30 moulins à farine et à 19 autres usines qui paient une redevance à la Compagnie du canal. Depuis l'ouverture du chemin de fer entre Valladolid et Santander, et Palencia et Léon, le trafic a été en décroissant de 63 600 *t* en moyenne, pour la période quinquennale 1875-1879, à 40 160 pour 1880-

1884 et 22 320 pour 1885-1889. Les recettes brutes annuelles sont tombées pour les mêmes périodes de 144 000 à 109 000 et 76 000 *f*, dont moins de la moitié représente les recettes provenant de la navigation.

Le canal impérial d'Aragon prend sa source dans l'Ebre et longe ce fleuve de Tudela à Saragosse sur 85 *km*; il se prolonge de 5 *km* environ au-dessous de cette dernière ville et a deux petits embranchements qui en partent, le Miraflores et le Burgo, dont la longueur collective est de 10 *km* à peu près. Ce canal avait été primitivement construit par l'État au XVI^e^ siècle comme canal d'irrigation, sans écluses et avec une pente de 1 à 200 *m*; il fut élargi entre 1770 et 1790 et rendu navigable pour des bateaux de 100 *t* tirant 3 *m* d'eau; mais la force du courant rend difficile la remonte de Saragosse à Tudela. De plus il a été construit une ligne de chemin de fer parallèlement au canal, de sorte que celui-ci ne sert plus guère qu'à l'irrigation et à la fourniture de force motrice à 68 moulins et usines. Les recettes de ce chef sont très peu élevées; elles ne dépassent pas, pour 1888, 35 000 *f*, alors que le canal a coûté 20 millions de francs.

Il y a une quarantaine d'années, on avait commencé des travaux considérables dans le but de rendre l'Ebre navigable depuis Saragosse jusqu'à la Méditerranée. On ne tarda pas à s'apercevoir que c'était une entreprise colossale et on dut abandonner la partie entre Saragosse et Escatron. Après avoir dépensé 17 millions de francs, on avait achevé d'une manière à peu près satisfaisante la canalisation du fleuve d'Escatron à la mer; mais à ce moment on construisait le chemin de fer de Saragosse à Barcelone et de Lerida à Tarragone et, lorsque, en 1858, on inaugura officiellement la navigation de l'Ebre, il ne se présenta ni voyageurs ni marchandises pour être transportés. On dut vendre les bateaux à vapeur qu'on avait construits pour ce service; la rivière n'est actuellement fréquentée que par quelques caboteurs et un unique bateau à vapeur navigue à l'embouchure, en aval de Tortosa. En 1889, le trafic total n'a pas dépassé 3 500 *t*.

Séville, sur le Guadalquvir, était un port de commerce d'une importance considérable à l'époque où l'Espagne était la première puissance coloniale de l'Europe; mais, pendant le XVIII^e^ siècle, le fleuve fut complètement négligé au point de vue de l'entretien. L'eau est très chargée (quelquefois jusqu'à 4 0/0), et il s'est formé des bancs qui gênent beaucoup la navigation. De plus, le fleuve faisait des circuits qui allongeaient considérablement le parcours. En taillant des chenaux de 100 *m* de largeur et de 600 à 5 500 *m* de longueur, on a réduit de 45 *km* la distance de Séville à la mer et on a porté le mouillage minimum de 1,20 *m* à 3,30 *m* à basse mer. En 1862, les navires de 200 *t* pouvaient avec peine remonter à Séville; aujourd'hui, les navires de 2 000 *t* viennent accoster les quais.

Lorsqu'on a établi les rectifications dont nous venons de parler, on a trouvé que les digues longitudinales étaient souvent emportées par les inondations, et on a adopté un système d'épis perpendiculaires immergés, lesquels entravent le courant et amènent le dépôt des matières solides derrière eux, de sorte que le chenal reste parfaitement libre. Ces travaux ont été achevés en 1889. Du 1^er^ juillet 1888 au 30 juin 1889, le

tonnage exporté par le fleuve s'est élevé à 163 700 *t*, et le tonnage importé à 156 000. La navigation ne s'étend qu'à une faible distance au-dessus de Séville ; elle est, d'ailleurs, empêchée dès Tocina par des barrages d'usines. Grâce à une disposition naturelle des plus favorables, le tirant d'eau sur la barre à l'embouchure du Guadalquivir est resté constant depuis un temps immémorial.

Sur la même côte se trouve l'estuaire qui porte le nom de « Rivière de Huelva » et qui est formé par la jonction du Rio-Tinto et de l'Oriel, à 6 *km* au-dessous de Huelva. Les Compagnies de Rio-Tinto et de Tharsis ont établi des quais sur l'Oriel pour le chargement des minerais, et elles ont établi des chemins de fer allant à Séville et à Zafra. Un autre quai a été établi à San Juan del Puerto par la Société des Mines de Buitron. L'exportation, qui se compose principalement de pyrites de cuivre, dépasse 1 million de tonnes par an.

La Guadiana, qui forme à son embouchure la frontière entre l'Espagne et le Portugal, est navigable pour de grands navires jusqu'à 58 *km* de la mer. Elle a, sur la rive portugaise, un trafic double de celui de la rive espagnole, à cause des pyrites cuivreuses des mines de Santo-Domingo. Du côté de l'Espagne on exporte annuellement, par navires anglais, environ 25 000 *t* de pyrites des mines de Los-Pastos et Santa-Catalina ; en outre, le cabotage représente 28 000 *t*, et le trafic, uniquement fluvial, se composant de poisson, farine, pierre à bâtir, encore 13 000 *t*.

Les navires de 1 000 *t* peuvent arriver au quai des mines de Los-Pastos ; mais les caboteurs ne dépassent pas 60 *t*, bien qu'il y ait 8 *m* d'eau au minimum dans cette partie du fleuve. On n'y a jamais fait aucun travail d'amélioration, et la partie supérieure de la rivière n'est pas employée pour la navigation.

Le Tage traverse l'Espagne et le Portugal de l'est à l'ouest, et débouche dans l'Océan à Lisbonne. Pendant le règne de Philippe II, on l'utilisait pour transporter du matériel de guerre de Tolède à la frontière du Portugal, et des chemins de halage et d'autres ouvrages de faible importance ont été exécutés à cette époque sous la direction de l'Ingénieur Antonelli ; mais on a négligé ces ouvrages, qui ont disparu peu à peu.

En 1855, on a voulu rétablir ces travaux, mais on s'est aperçu que les conditions actuelles du fleuve rendaient toute navigation impossible. Le lit forme une succession de parties larges avec une hauteur d'eau suffisante, séparées par des étranglements formant rapides, dont il n'y a pas moins de dix-neuf entre Tolède et la frontière portugaise. Dans ces étranglements il n'y a que 0,60 *m* d'eau, et le courant a une vitesse de 8 à 15 *km* à l'heure. Au pont d'Alcantara, le niveau s'élève pendant les inondations à une hauteur de 10 à 20 et même 30 *m* au-dessus de l'étiage. De plus, il y a un certain nombre de barrages de moulins qui empêchent absolument la navigation. Il faudrait des dépenses énormes pour rendre celle-ci possible.

Le Douro est à peu près dans les mêmes conditions que le Tage ; il débouche également en Portugal, à Oporto. Dans beaucoup d'endroits, le courant est gêné par des rochers, et dans d'autres, il y a des rapides et des bas-fonds, de sorte que la navigation se réduit à quelques bateaux

qui descendent porter du vin à Oporto et remontent avec beaucoup de peine chargés de sardines et autre poisson. A l'exception d'un quai à Frejeneda, endroit où l'Agueda se jette dans le Douro, il n'y a aucun ouvrage exécuté en vue d'améliorer les conditions de la navigation.

La partie inférieure du fleuve Minho forme la frontière de la Gallice et du Portugal. La marée remonte jusqu'à 33 *km*, et sur cette distance, le fleuve est navigable pour les bateaux de pêche. Il sert également au flottage du bois provenant des forêts situées plus haut; mais on n'a jamais effectué aucun travail d'amélioration. Sur les côtes de la Gallice, des Asturies, de Santander et de la baie de Biscaye, il y a un grand nombre de petites rivières donnant lieu à un faible trafic sur une petite distance à partir de la mer. On peut citer, parmi les plus importantes, celles qui forment les ports de Vigo et du Ferrol; ce dernier constitue l'arsenal le plus important d'Espagne. La rivière d'Aviles, dans les Asturies, forme une anse immense où il y a plus de 4,50 *m* d'eau à basse mer. On pourrait y établir et on y établira probablement un jour un port qui serait magnifique. On a déjà fait un bassin qui sert à l'embarquement des charbons des mines du voisinage, et il est probable que d'autres travaux ne tarderont pas à être entrepris.

La seule rivière importante qui reste à mentionner est le Nervion, qui forme le port important de Bilbao. On y a fait, depuis quelques années, des travaux considérables pour améliorer le régime et faciliter l'exportation des minerais de fer, qui constitue la plus grande partie du trafic. On a réussi à approfondir le lit, de manière que les navires tirant 6 *m* d'eau peuvent accoster aux quais de la ville; et l'importance du trafic qui a été créé dans l'espace d'un petit nombre d'années peut s'apprécier par ce fait qu'en 1889, les importations se sont élevées à 580,000 *t* et les exportations à 3 880 000. Sur ce dernier chiffre, il y a 85 0/0 de minerai de fer, et sur le total des importations, 370 000 *t*, soit les deux tiers, représentent du charbon.

Ces renseignements proviennent d'un mémoire de M. A. de Llaurado, inséré dans les *Anales de la Construction y de la Industria*, de Madrid, résumé dans les *Abstracts of Papers*, contenus dans les publications de l'*Institution of Civil Engineers*.

Ruptures de volants. — Les journaux américains continuent à enregistrer des ruptures de volants qui amènent quelquefois de véritables catastrophes. La plus grave s'est produite à Amoskeag sur le volant d'une machine Corliss de 2 000 *ch*. Ce volant avait 12,20 *m* de diamètre et 3,05 *m* de largeur de jante; il portait deux courroies de 1 *m* de largeur et pesait 68 *t*.

On ignore ce qui a amené un emportement subit de la machine; au moment où le mécanicien fermait la prise de vapeur, le volant a fait explosion avec un bruit semblable à la décharge d'une énorme pièce d'artillerie. Les débris ont enfoncé les murs du bâtiment et amené la chute d'un atelier placé au-dessus de la machine.

Les ouvrières de cet atelier ont été entraînées dans les décombres et brûlées par la vapeur s'échappant des tuyaux brisés par les morceaux du volant et les débris du bâtiment.

Il y a eu plusieurs morts et beaucoup de blessés. Une pièce du volant a été lancée à 60 *m* en l'air et est retombée sur un second atelier dont elle a enfoncé toiture et planchers jusqu'au sol, mais heureusement sans blesser personne. D'autres morceaux ont été projetés sur d'autres bâtiments du voisinage où ils ont également fait des dégâts considérables.

Lorsque les débris de la jante eurent enfoncé le bâtiment de la machine, les poutres du plafond tombèrent sur les bras du volant encore animé d'une vitesse furieuse et furent hâchés par eux comme des allumettes. Comme il s'agissait d'une filature, la machine avait nécessairement un régulateur. On peut se demander quel rôle il a joué dans cette circonstance, puisque la catastrophe est attribuée à un emportement du moteur.

Un autre accident de même nature s'est produit le 25 septembre dernier à Cincinnati, Ohio, sur la machine motrice d'un tramway à traction électrique. Le volant s'est rompu et les débris ont enfoncé les toitures, une partie des murs et brisé la conduite de vapeur. Des morceaux pesant des centaines de kilogrammes ont été projetés à plus de 100 *m* de la machine. Un homme a été tué et un autre blessé.

La machine était neuve et n'avait fonctionné que deux ou trois mois. On attribue l'accident à un court circuit qui s'est produit et, en supprimant la résistance, a causé l'emportement de la machine. Celle-ci était une machine Corliss à cylindre de 0,70 *m* de diamètre et 1,50 *m* de course, le volant avait 6,70 *m* de diamètre et 1,22 *m* de largeur de jante; il pesait 20 *t* et faisait normalement 68 tours à la minute. Les dégâts sont estimés à 60 000 *f*. On peut faire la même observation que ci-dessus pour le régulateur.

Le charbon en Turquie. — En Turquie, on extrait le charbon à Héraclée et à Koslu; ces localités sont sur la mer Noire à 100 milles marins environ de Constantinople. Les mines d'Héraclée appartiennent au gouvernement et celles de Koslu à la Société Kurtschi et Cie. Ce charbon est inférieur en qualité au charbon anglais, notamment au Cardiff et au Newcastle. Mêlé avec le premier, il est employé par la marine ottomane et par les Compagnies de navigation du pays. On le mêle également au Cardiff et au Newcastle pour le revendre au détail. L'usine à gaz de Delmabsgtaché l'emploie mélangé avec le charbon de Newcastle.

Depuis les statistiques publiées récemment, l'exportation à Constantinople des charbons de Koslu et d'Héraclée s'est élevée pour 1889 à 135 000 *t*, en augmentation notable sur l'année précédente dont le chiffre n'est que de 120 000 *t*. De 1884 à 1889 il a été importé à Constantinople 3 322 566 *t* métriques de charbon anglais, soit en moyenne 553 761 *t* par an; à quoi il faut ajouter pour la même période 3 231 300 *t*, soit en moyenne 538 550 *t* par an importées par les ports turcs de la mer Noire et du Danube.

Depuis quelque temps, la consommation de charbon anglais par les ports de la mer Noire a subi une réduction notable, par suite de l'élévation des droits d'entrée sur le charbon en Russie; cette importation

avait, en 1889, diminué de 15 000 *t* sur l'année précédente. A Constantinople, l'emploi du charbon indigène gagne du terrain pour le chauffage domestique et pour les usines à cause de son prix peu élevé, ce qui finira par affecter quelque peu l'importation du charbon anglais *(Iron)*.

Nouvelles locomotives américaines. — Le New-York Central et Hudson River R. R. vient de faire construire par les Schenectady Locomotive Works des locomotives destinées à un service de banlieue et qui constituent un nouveau type. Ces machines ont trois essieux accouplés, un bissel à l'avant et un bogie à trois essieux à l'arrière, soit 14 roues, dont 6 seulement motrices.

Les cylindres ont 0,458 *m* de diamètre et 0,560 *m* de course; les roues motrices et accouplées 1,626 *m*, les roues de support 0,762. Le corps cylindrique de 1,422 *m* de diamètre en tôle d'acier de 12 1/2 *mm* contient 254 tubes en fer de 50 *mm* de diamètre extérieur et 3,355 *m* de longueur; la surface de chauffe est de 13,5 *m* pour le foyer et 135 *m* pour les tubes, total 148,50 m^2; la grille a 2,97 m^2 de surface.

La pression est de 12 1/2 *kg*.

L'écartement rigide des essieux est de 3,88 *m* et l'écartement des essieux extrême, de 10,85 *m*.

La charge des roues accouplées est de 43 000 *kg;* celle du bissel, de 7 250 *kg*, et celle du truck arrière, de 23 750 *kg*, soit un poids total de 74 000 *kg* dont 58 0/0 servant à l'adhérence. Les caisses à eau contiennent 9 000 *l* d'eau et les soutes à combustible 2 750 *kg* d'anthracite. Ces machines constituent une dérivation aux habitudes américaines; on sait, en effet, que l'emploi des locomotives-tender un peu puissantes y était tout à fait exceptionnel jusqu'ici.

Transmissions en fer creux. — Nous avons déjà eu l'occasion de signaler les avantages des arbres creux dont certaines applications ont été faites (voir Chronique de mars 1889, p. 589) pour des arbres de gros diamètre. L'emploi du fer creux est réalisé avec avantage pour les transmissions par MM. Belbezet et Decroly, constructeurs à Ham.

On obtient ainsi une plus grande légèreté, 50 0/0 en moyenne pour les diamètres de 40 à 100 *mm*, une plus grande rigidité par suite de l'augmentation du diamètre extérieur, une plus grande sécurité à cause de la qualité supérieure de matière qu'exige la fabrication du fer creux et une plus grande régularité de forme qui dispense le plus souvent de tourner complètement les arbres à l'extérieur.

Nos collègues indiquent encore un avantage dû à une disposition très ingénieuse employée par eux qui consiste à utiliser le vide central comme réservoir d'huile, ce qui permet d'opérer d'une manière constante, sûre et facile, la lubrification des coussinets et des parties frottantes des poulies folles par des trous ménagés dans l'arbre à travers lesquels s'écoule le liquide; on réalise ainsi un graissage automatique et on réduit la consommation de lubréfiant.

On peut encore indiquer pour mémoire la possibilité de disposer des mouvements concentriques, problème qui se présente dans l'étude de certaines machines.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Octobre 1891

Rapport de M, Édouard Simon sur la **machine à gazer les fils**, de MM. P. Villain fils et Cie, à Lille.

Le gazage des fils a pour objet, à l'imitation de ce qu'on fait pour les tissus, de débarrasser ces fils de toutes aspérités, de tous duvets extérieurs, pour répondre aux besoins de certaines fabrications. La nécessité d'éviter le moindre courant d'air pouvait produire un vacillement, et la combustion du fil amenait forcément à la suppression de la ventilation et à de mauvaises conditions hygiéniques des ateliers.

MM. Villain ont imaginé pour parer à cette difficulté une machine à gazer dans laquelle à chaque fil correspond un brûleur composé d'un gros tube vertical en fonte, dont la partie inférieure est traversée par deux tubes concentriques, l'un intérieur pour le gaz, l'autre pour l'air sous pression.

La partie supérieure est aplatie sous forme de deux plans inclinés laissant entre eux une fente étroite et longue; cette fente se trouve recouverte par une toile métallique au-dessus de laquelle s'opère la combustion du gaz et chemine le fil.

On obtient ainsi une flamme très fixe et l'ouverture des fenêtres à proximité des machines à gazer n'offre plus d'inconvénients. On peut d'ailleurs utiliser pour la ventilation l'excès d'air comprimé servant à la combustion.

Rapport de M. le colonel Pierre sur un **appareil de sondage portatif à fil d'acier**, de M. E. Belloc.

L'appareil destiné à mesurer la profondeur de la mer et des lacs est très portatif; il pèse seulement 4 *kg*. Il se compose d'un tambour pouvant recevoir par enroulement 250 *m* de fil de 4 dixièmes de millimètre, d'un compteur de tours et d'un frein. La solidité de cet engin a été démontrée par l'expérience.

Son succès a déterminé M. Belloc a construire un sondeur beaucoup plus fort qui pèse environ 20 *kg* et dont le tambour peut recevoir 2 000 *m* de fil d'acier d'un demi-millimètre de diamètre.

Deux appareils de ce modèle ont déjà été faits, l'un pour le prince de Monaco, l'autre pour M. Delebecque, Ingénieur des Ponts et Chaussées, qui se propose de l'utiliser pour les recherches qu'il a entreprises sur le lac Leman et sur le lac d'Annecy.

Rapport de M. Jungfleisch sur les **Appareils frigorifiques employés à la Morgue de Paris**, par MM. Mignon et Rouart.

Un concours a été ouvert en 1880 par la Préfecture de police pour l'installation à la Morgue d'appareils frigorifiques destinés à la conservation des cadavres sur le programme suivant formulé par M. Brouardel :

1° Soumettre, dès leur arrivée à la Morgue, à une température de — 15 à — 20° les corps que l'on veut conserver ;

2° Les porter ensuite dans une salle où la température oscillera entre — 4 et — 1° environ ;

3° Entretenir 10 cadavres à la température de — 4°.

A la suite de ce concours, MM. Mignon et Rouart ont été chargés de la construction des appareils frigorifiques de la Morgue. Ces appareils ont aujourd'hui subi l'épreuve d'un fonctionnement de huit années, et ont donné toute satisfaction.

Le point de départ est l'emploi de la machine Carré, dans laquelle l'ammoniaque liquéfiée produit le froid en se vaporisant, et le gaz qu'elle fournit, étant absorbé par l'eau, régénère la solution ammoniacale, propre à servir de point de départ au même cycle de transformation.

Un moteur à gaz Bishop de 1 *ch* sert au refoulement sous pression de la solution dans la chaudière et à la circulation du liquide incongelable formé de solution de chlorure de calcium.

La congélation des cadavres s'opère dans des cellules en bois dont les parois sont recouvertes de tubes en fer de 33 *mm* de diamètre intérieur, parcourus par le liquide frigorifique. Dix heures suffisent pour congeler les cadavres qui conservent leur aspect primitif, mais acquièrent la dureté du bois.

La conservation des cadavres préalablement congelés s'opère dans des caisses analogues, mais dont les parois sont simplement garnies de serpentins refroidisseurs. On a pu ainsi conserver des corps pendant plus de huit mois.

La conservation dans la salle d'exposition s'opère par le refroidissement de l'air au-dessus des corps, opéré par le contact avec une nappe de solution frigorifique. L'air peut être ainsi refroidi à — 2° et, comme il est plus dense, il descend en remplaçant l'air chaud qui gagne la partie supérieure de l'enceinte.

Rapport de M. Rousselle sur le **Régulateur de la résistance des touches de piano**, de M. Barrouin.

L'objet de cet appareil est de rendre à volonté les pianos doux ou résistants, suivant qu'ils doivent servir à des personnes habituées ou à des commençants. Le problème a été réalisé d'une façon très simple par l'emploi d'un poids qui agit sur les leviers actionnés par les touches, poids dont on varie la position. Comme il eût été irréalisable d'avoir un poids pour chaque touche, l'inventeur a eu l'idée ingénieuse de constituer un poids unique mais flexible par un tube en caoutchouc rempli de plomb de chasse, qui porte sur tous les leviers des touches. Cet appareil peut s'installer rapidement et à peu de frais sur tous les pianos.

Production et emploi de la vapeur, par MM. Lencauchez et Durant.

C'est un extrait de la partie concernant le réchauffage de l'eau d'alimentation de la communication faite par nos collègues à la Société des Ingénieurs civils. (Voir *Bulletin* de juin 1890.)

Le Gaz d'éclairage, par M. Vivian B. Lewes. (Extrait du journal de la *Society of Arts.)*

Cette note contient des considérations sur les propriétés éclairantes du gaz d'éclairage, lesquelles dépendent du charbon employé, de la température de distillation et du temps pendant lequel le gaz séjourne dans la cornue ou reste en contact avec les liquides provenant de la distillation. Elle décrit les divers procédés employés pour l'analyse du gaz, les moyens dont on peut se servir pour augmenter le pouvoir éclairant, qui peuvent se classer en quatre groupes, savoir : 1° carburation du gaz pauvre par des carbures volatils ; 2° carburation du gaz par les vapeurs et gaz permanents préparés en même temps que le gaz par la décomposition du goudron ; 3° mélange du gaz de houille avec les produits de la décomposition de l'huile minérale brute par la chaleur ; 4° mélange du gaz de houille et du gaz d'eau préalablement enrichi par divers hydrocarbures.

Les divers procédés de fabrication du gaz à l'eau sont ensuite décrits, et la note se termine par quelques détails sur l'extraction des huiles des gaz de hauts fourneaux, industrie toute nouvelle, mais qui donne déjà, toute limitée qu'elle est encore, des résultats d'une très grande importance. Cette huile peut servir à enrichir le gaz d'eclairage.

Alliages industriels d'aluminium. — Il s'agit de la résistance du bronze d'aluminium et d'expériences faites sur cette question par le professeur Tetmayer, de Zurich. La résistance à la traction augmente avec la proportion d'aluminium, d'abord lentement, puis de plus en plus vite.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Aout 1891.

Nouveaux ordres généraux de la Compagnie de l'Ouest concernant : 1° la limitation de la vitesse des trains ; 2° la distance à réserver entre les signaux avancés et leurs poteaux de limite de fonctionnement ; 3° le nombre de freins à placer dans les trains. Note de M. Massieu, Inspecteur général des Mines.

Uniformité de largeur des voies ferrées aux États-Unis, par M. H. Rousseau, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

La tendance à obtenir l'uniformité de largeur de voies aux Etats-Unis n'a fait que s'accentuer dans ces dix dernières années. En 1886, 23 000 *km* de voie dans le Sud-Est ont été ramenés de 1,52 à 1,44 d'écartement ; cette opération a coûté 6 500 000 *f.* En 1880, sur 174 000 *km*, on comptait

80 0/0 de voie normale ; en 1890, on en trouve 93,4 0/0 sur 254 000 *km*. L'emploi de la voie normale est grandement facilité en Amérique par les faibles rayons de courbure qu'on adopte lorsqu'il est nécessaire et que rend possible l'usage d'un matériel flexible.

ANNALES DES MINES

4e livraison de 1891.

État actuel de la préparation mécanique des minerais dans le Hartz, la Saxe et la Prusse rhénane, par M. M. Bellom, Ingénieur des mines.

Ce mémoire comprend deux parties. La première est consacrée à l'étude générale des opérations successives du traitement, accompagnée de la description des appareils les plus récents et de la discussion de leur emploi dans les différents cas de la pratique. La disposition générale des ateliers y est aussi spécialement étudiée. La deuxième partie comprend l'étude monographique des établissements qui ont paru à l'auteur mériter une mention particulière, soit par leur formule de traitement, soit par leur installation. Nous citerons parmi ces établissements : les ateliers d'Himmelfahrt (Saxe), de S. Andreasberg (Hartz), de Mechernich et de Laurenburg (Prusse rhénane), de Lautenthal (Hartz), de Weiss, d'Ems et de Friedrichsegen (Prusse rhénane).

Forces d'inertie dues aux bielles motrices dans les machines à vapeur, par M. A. Nillus, ancien élève de l'École polytechnique, Ingénieur à la Société de Commentry-Fourchambault.

Avec les machines à grande vitesse, il devient nécessaire d'apprécier avec la plus grande exactitude possible les efforts d'inertie dus aux pièces à mouvement alternatif. Le but de la note est l'étude des accélérations des pièces en mouvement pour chacun de leurs points et pour chaque position de la manivelle. Cette étude est facile pour les pièces à déplacement rectiligne, pistons, tiges et têtes, mais elle l'est beaucoup moins pour la bielle dont le mouvement est plus compliqué. L'auteur examine successivement : s'il est possible d'arriver à une expression commode de la loi exacte de son mouvement; si on ne peut se contenter de supposer tout son poids concentré à l'extrémité articulée à la tête de tige de piston ; enfin, si on ne doit pas chercher plutôt à déterminer quelle fraction de ce poids il sera convenable de supposer appliquée en ce même point, pour se rapprocher autant que possible des conditions de la réalité.

De l'étude de ces points, l'auteur déduit un certain nombre de règles pratiques dont nous croyons utile d'énoncer les plus intéressantes.

I. — Pour tenir compte, avec une approximation suffisante dans la pratique, de l'action de l'inertie de la bielle sur l'effort moteur, il suffit d'ajouter une fois pour toutes à la masse des pièces à mouvement rectiligne une masse constante égale à une fraction de celle de la bielle qui varie

entre 0,4 et 0,5. Pour déterminer ce rapport, on se laissera guider par cette considération qu'il convient de se rapprocher d'autant plus de la première ou de la seconde de ces valeurs limites que les circonstances concourent à augmenter ou diminuer le poids de la tête, à diminuer ou augmenter le poids du pied, par rapport à celui de la bielle entière.

II. — Pour tenir compte avec une approximation suffisante dans la pratique de l'action de l'inertie de la bielle sur la manivelle :

1° Il faut, ayant ajouté à la masse des pièces à mouvement rectiligne, une masse fictive constante égale à une fraction de la masse de la bielle variant entre 0,4 et 0,5, déterminer par un tracé connu la composante d'inertie que donne cette masse suivant la manivelle;

2° Il faut ensuite ajouter à cette première force celle que produirait une masse fictive constante, concentrée au point d'articulation de la bielle et de la manivetle et égale à la fraction de la masse de la bielle que l'on a négligée pour former la masse fictive précédente.

III. — Pour tenir compte avec une approximation suffisante en pratique de l'action de l'inertie de la bielle motrice sur les glissières :

Il suffit, ayant ajouté à la masse des pièces à mouvement rectiligne une masse fictive constante, égale à une fraction de la masse de la bielle variant entre 0,4 et 0,5, de déterminer par un tracé connu la composante d'inertie que donne cette masse normalement aux glissières.

Il convient de faire remarquer que, contrairement à ce que l'on pourrait se figurer, le calcul des valeurs de $\frac{M}{l}$ et de $\frac{I}{l^2}$ n'est ni long ni difficile (M et I étant le moment de la bielle et I son moment d'inertie par rapport à un plan perpendiculaire à son axe).

Un simple partage du corps de la bielle en dix ou quinze parties judicieusement choisies permet, en ne commettant que des erreurs négligeables, de remplacer M par Σmx et I par Σmx^2, expressions dans lesquelles m désigne la masse de l'élément, x la distance de son centre de gravité, approximative naturellement, à l'axe de la petite tête de la bielle. Par ce procédé, les erreurs commises ne peuvent guère atteindre $\frac{1}{100}$.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

Bulletin de mai 1891.

Mémoire sur un **chemin de fer électrique,** système J.-J. Heilmann.

Cette question a été traitée devant notre Société par M. Heilmann (voir Bulletin de février 1891, page 149). Le travail contenu dans le Bulletin de la Société de Mulhouse contient en plus une note sur le freinage. L'auteur fait observer que si, dans le système ordinaire de traction, on ne peut guère demander à l'électricité le travail nécessaire au serrage

des freins, il en est tout autrement dans son système où l'on dispose, au moment de l'arrêt, de 500 chevaux électriques. M. Heilmann propose donc d'employer pour le serrage des freins des solénoïdes actionnant directement les leviers ; ces appareils étant montés en tension, on arriverait à une uniformité d'action absolument parfaite. Il indique également une disposition pour réaliser l'automaticité.

Les mordants et la loi de Mendeleef, par M. Prud'homme.

La formation des colorants azoïques en impression sur les différentes fibres, pli cacheté déposé par M. Ad. Feer.

Note sur la **formation des colorants azoïques,** par M. Ad. Feer.

Bulletin de juin 1891.

Rapport de M. Walther-Meunier, Ingénieur en chef de l'Association alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur, sur les **travaux exécutés sous sa direction** pendant l'exercice 1890.

Le rapport toujours intéressant de notre collègue, M. Walther-Meunier, contient cette année un essai pour la détermination du rendement d'une transmission électrique, dans lequel il a trouvé, pour le rapport entre la puissance donnée par la réceptrice et le travail fourni à la génératrice, 78,2 0/0, le moteur (turbines) étant à 600 *m* environ du lieu de consommation de la puissance.

On trouve ensuite des expériences pour la détermination de l'économie résultant du réchauffeur Uhler ; des essais de vaporisation sur deux chaudières semi-tubulaires, dont l'une pourvue d'un foyer Godillot ; des essais divers, parmi lesquels ceux d'une machine à triple expansion, construite par les frères Sulzer, de Winterthur. Cette machine, fonctionnant à 64 1/2 tours par minute avec de la vapeur à 5,8 *kg* de pression moyenne à la chaudière, et développant 277 chevaux indiqués, a dépensé 6 *kg* de vapeur par cheval indiqué et par heure, purge de la conduite comprise, et 5,67 *kg*, purge non comprise. Si on considère que cette machine est faite pour développer 700 à 750 chevaux et fonctionne avec de la vapeur à 12 *kg* de pression initiale, on admettra qu'elle est susceptible de réaliser la consommation de 5 *kg* de vapeur annoncée par les constructeurs.

Le rapport se termine par des renseignements divers, parmi lesquels ceux sur les surchauffeurs, que nous avons reproduits dans nos Chroniques de Juillet et Août, pages 106 et 262.

Recherches sur les **matières colorantes dérivées du triphénilmethane,** par M. E. Nœlting.

Note sur l'**essaïne,** par M. H. Schœffer.

Rapport sur la note de M. H. Schœffer sur l'**essaïne,** par M. F. Binder.

Note sur la **teinture en nitrosonaphtols** α et β, par M. Ed. Kœchlin.

Étude dynamométrique, par M. Rodolphe Bourcart.

Cette note est relative à certains phénomènes que l'auteur a observés avec le dynamomètre dans les transmissions par courroies.

Bulletin de juillet 1891.

Etudes sur les **dérivés des toluquinoléines et de la métaxyquinoléine,** par MM. E. Nœlting et E. Trautmann.

Rapport concernant l'**installation et le fonctionnement des bains d'ouvriers,** de MM. Hartmann, Reichard et Cie, à Erstein.

L'installation se compose d'une salle divisée en deux compartiments par une cloison transversale percée d'une porte au milieu ; chaque compartiment contient quatre cabines à une baignoire. Les parois des cabines sont en tôle ondulée, renforcées par des cornières ; elles ne descendent qu'à quelques centimètres du sol, pour qu'on puisse laver à grande eau le sol formé d'une chape de ciment sur béton. Les parois sont recouvertes d'une peinture-émail fournie par MM. Rosenzweig et Baumann, à Cassel, qui ne s'écaille pas et se lave parfaitement.

Les baignoires, en fonte émaillée, sont en contre-bas dans une sorte de fosse de 0,25 *m* de profondeur.

L'eau est chauffée dans un local voisin des chaudières par un serpentin plongé dans le réservoir.

La ventilation est produite par un tuyau qui aspire l'air à la partie supérieure et le conduit dans la cheminée de l'usine.

Les bains se donnent pendant les heures de travail, gratuitement et sans déduction de salaire pour le temps perdu, le matin pour les hommes, l'après-midi pour les femmes. Le temps alloué est de vingt-cinq minutes à partir du moment où l'ouvrier quitte la salle jusqu'à son retour. Chaque ouvrier a droit à un bain toutes les trois semaines. Le prix de revient d'un bain, y compris salaires, savon, amortissement de l'installation, etc., etc., est de 0,15 *f*.

Résumé des **observations météorologiques** de l'année 1890, par M. A. Sack.

Sur la **couleur jaune** et la limite de la sensation jaune, par M. Albert Scheurer.

Si on considère l'intensité extraordinaire du jaune de certaines fleurs et de certains corps, et qu'on examine le spectre solaire, on arrive à la conclusion que la région jaune du spectre ne saurait, à elle seule, fournir assez de lumière pour communiquer à un corps une apparence aussi lumineuse que celle qui caractérise ces jaunes et que ces couleurs ne peuvent être dues qu'à des mélanges.

On peut, au moyen de quelques expériences décrites dans la note, constater que toutes les couleurs qui nous paraissent franchement jaunes sous un éclairage modéré et normal sont constituées par un mélange de radiations puisées dans le spectre solaire entre l'extrême rouge et le vert franc, c'est-à-dire dans la partie la plus lumineuse. On peut également signaler, entre le jaune et le blanc, une analogie de caractère résultant du fait que les sensations auxquelles ces deux couleurs donnent lieu dépendent d'un facteur beaucoup moins ou nullement sensible pour les autres couleurs, et qui est l'intensité.

Étude sur le **pulvérisateur** de M. Ernst, Ingénieur à Turin, par M. Rodolphe Bourcart.

Le pulvérisateur Ernst est destiné à donner et à maintenir dans les ateliers une ventilation et un degré hygrométrique voulus ; il repose sur le principe suivant : Si on adapte à l'extrémité d'une conduite d'eau sous pression de 5 à 6 *kg* par centimètre carré une boule creuse portant sur sa surface interne deux rainures hélicoïdales de même sens et situées aux extrémités d'un même diamètre, l'eau, en sortant par un orifice de 2 à 3 *mm* de diamètre, se pulvérisera en s'échappant sous forme de cône; ce cône, faisant giffard, entraînera de l'air qui se chargera d'humidité. C'est cet air qui, lancé dans une enceinte, y produira à la fois la ventilation et l'humidification.

La note contient un tableau donnant les résultats d'expériences faites au moyen de deux psychromètres comparés entre eux avec soin, sur la température et l'état hygrométrique de l'air à l'entrée et à la sortie.

Étude sur l'utilité de l'emploi d'eau froide ou chaude pour alimenter, dans les salles d'usines, des **appareils d'humidification** et de renouvellement d'air, par M. P. Heilmann.

Cette étude porte sur l'emploi d'eau fraîche, lancée dans les canalisations pour abaisser la température de la salle, et sur l'emploi d'eau chaude pour chauffer l'air extérieur pris à basse température.

Les expériences ont été faites sur des appareils à humidification installés dans une salle de *self-acting* de 30 000 m^3 de capacité.

De l'examen de ces expériences, il paraît résulter que l'emploi de l'eau à basse température serait indiqué lorsque l'air extérieur ayant atteint la température de l'air de la salle, il n'y aurait plus possibilité d'obtenir de refroidissement par l'introduction de cet air extérieur; l'emploi de cette eau à basse température paraîtrait surtout indiqué lorsque la température de la salle, s'élevant par suite de la température extérieure, il y aurait également température plus élevée à l'eau de retour, donc plus grand écart entre la température de cette eau et celle de l'eau prise à 14°: de là plus d'avantage pour cette dernière.

L'emploi d'eau chaude paraît indiqué lorsque l'air extérieur étant à basse température, on ne pourrait introduire cet air dans la salle et l'humidifier, sans élever au préalable sa température; en un mot, on augmenterait la quantité d'air renouvelé à prendre du dehors.

Bulletin d'Août 1891.

Rapport de M. R. Geigy sur un mémoire sur les **bois tinctoriaux** présenté pour le concours au prix n° LXI, par M. F. Mafat, au Havre.

Les extraits de bois tinctoriaux et leur fabrication, par M. F. Mafat.

Note sur les **machines à écrire**, par F. Drouin, par M. P. Heilmann.

L'idée des machines à écrire est fort ancienne, mais ce n'est guère qu'en 1873 que l'emploi de ces appareils fut répandu par la Société Remington avec un succès tel qu'en 1873 il y avait 400 machines en usage et 3 000 en 1877. Cette Société construit environ 2 000 machines par an.

Les machines à écrire se rattachent toutes à deux classes : les ma-

chines à clavier, dans lesquelles chaque signe s'imprimant en frappant une touche, les deux mains peuvent être employées; les machines Remington appartiennent à ce type; et les machines à style, dans lesquelles on amène avec une seule main la lettre voulue à la place qu'elle doit occuper pour être imprimée.

Rapport sur un mémoire de M. A. Baur, « **Études sur le muse artificiel** », par M. E. Noelting.

Études sur le muse artificiel, par M. A. Baur.

INSTITUT ROYAL DES INGÉNIEURS NÉERLANDAIS (1)

Livraison du 15 août 1891.

Séance du 11 juin 1891. — M. Stelemans fait une communication d'après laquelle, dans l'hiver 1890-91, le canal de Gand à Terneuze, qui débouche dans l'Escaut un peu au-dessus de Flessingue, n'a pas eu sa navigation interrompue par les glaces, grâce à la manœuvre habile des bateaux, qui réussissaient à maintenir un chenal toujours libre malgré la gelée. D'après M. Bekaar, on n'aurait pas été aussi heureux sur le canal d'Amsterdam à la mer du Nord, où, d'ailleurs, l'épaisseur de la glace était plus forte. M. Bekaar décrit les moyens employés pour rompre les glaces. Les ports de Rotterdam et de Flessingue ont été en communication constante avec la mer pendant cet hiver rigoureux.

M. de Bordes présente un rapport sur les résultats de l'exploitation des chemins de fer dans les Pays-Bas, rapport accompagné de tableaux graphiques et numériques à l'appui des conclusions présentées par l'auteur.

M. van Zuylen traite de l'écartement à donner à la voie des chemins de fer secondaires et tertiaires dans les Indes néerlandaises, où la largeur normale est de 1,06 *m* entre les rails. D'après les résultats obtenus dans divers pays, il conclut que, pour les lignes secondaires, un écartement inférieur serait suffisant.

Livraison du 21 octobre 1891.

Note de M. Doyer sur la construction des digues de rétrécissement en lemniscate pour la régularisation du Wahal et sur l'influence que les changements de régime d'une rivière ont sur la partie en aval, ceci à propos de quelques travaux de grande importance exécutés sur des rivières des Pays-Bas.

Communication de M. van Ruth sur la résistance à la traction des fers et aciers à propos de quelques expériences récentes.

Livraison du 9 novembre 1891.

Séance du 31 août 1891. — Notice nécrologique sur MM. le comte van Limburg Stirum, Boonacher et Verloop, membres décédés.

(1) Résumé communiqué par M. J. de Koning.

Communication sur le Congrès international des accidents du travail tenu à Berne et sur le Congrès international de navigation intérieure qui doit être tenu à Paris en 1892.

Réception des Ingénieurs civils français.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 45. — 7 *novembre* 1891.

Exposition internationale d'électricité à Francfort, par J. Epstein *(suite)*.

L'industrie dans le cercle du Rhin inférieur et dans celui de la basse Ruhr, par E. Schrödter *(fin)*.

L'exploitation des mines, par G. Kohler *(fin)*.

Emploi du métal fondu dans la construction des ponts.

Chute du pont de Mönchenstein.

Groupe de Bavière. — Progrès dans la construction des locomotives. — Machines à courants alternatifs et leurs applications. — Essai sur une machine à triple expansion. — Expériences sur un moteur à gaz Dowson de 100 chevaux.

N° 46. — 14 *novembre* 1891.

Développement technique des Compagnies de navigation « Lloyd de l'Allemagne du Nord » et « Hambourgeoise-Américaine », par R. Haack et C. Busley *(suite)*.

Expériences sur la résistance des matériaux par l'essai au choc, par A. Martens.

Le canal du Rhin au Weser et à l'Elbe et son influence sur le développement de l'industrie, par F. Geck.

Métallurgie. — Élimination du soufre de la fonte brute.

Locomotives du tunnel de Saint-Clair.

Installation de turbines de la fabrique wurtembergeoise de ciment, à Lauffen-sur-Neckar.

Groupe de Bavière. — Chemins de fer électriques.

Groupe de Saxe-Anhalt. — Écoles techniques moyennes.

Variétés. — Développement de l'emploi du métal fondu au convertisseur ou au four Martin en Autriche-Hongrie. — Expériences sur les courants électriques de 40 000 volts. — Influence des courants polyphasés sur les fils téléphoniques. — Exposition allemande d'agriculture en 1892.

N° 47. — 21 *novembre* 1891.

Développement technique des Compagnies de navigation « Lloyd de l'Allemagne du Nord » et « Hambourgeoise-Américaine », par R. Haack et C. Busley *(suite)*.

Nouveautés dans les machines-outils pour le travail des métaux, par H. Fischer *(suite)*.

Métallurgie. — Fabrication directe et continue de la tôle d'acier ou de fer au moyen du métal en fusion.

Groupe de Cologne. — Opinions diverses sur la question de l'air comprimé.

Groupe de Westphalie. — Emploi des machines dans l'exploitation des mines.

Groupe de Wurtemberg. — Nouvel entrepôt municipal à Stuttgard. — Emploi des câbles métalliques pour les grues et treuils. — Emploi du gaz pour les moteurs et le chauffage. — Outils en fonte pour le travail des métaux.

Bibliographie. — Chemin de fer d'Ismid à Angora, par Forchheimer.

Variétés. — Installation d'électricité de la ville de Blankenburg. — Essai comparatif d'une locomotive compound et d'une locomotive ordinaire. — Balance à mercure de Rutter.

N° 48. — 28 *novembre* 1891.

Expériences sur la chaudière de locomotive de Lenz. — Destruction des chaudières de locomotives par déformation. — Emploi des foyers en métal fondu, par G. Muller.

Développement technique des Compagnies de navigation « Lloyd de l'Allemagne du Nord » et « Hambourgeoise-Américaine », par R. Haack et C. Busley *(suite)*.

Expériences sur la résistance des matériaux par l'essai au choc, par A. Martens *(fin)*.

Recherches thermo-électriques sur le mouvement du calorique dans les parois des cylindres à vapeur.

Métallurgie. — Presse à forger de M. D. Allen, par R.-M. Daelen.

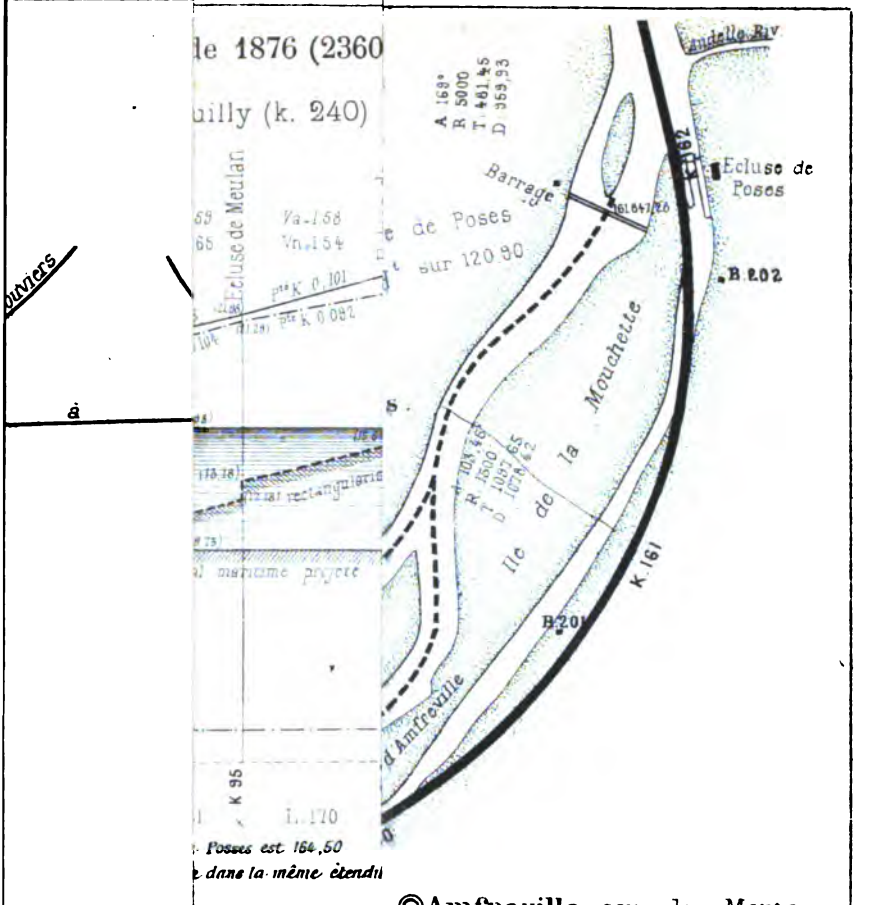
Bibliographie. — La fonte brute au point de vue de son emploi dans la fonderie, par A. Ledebur.

Variétés. — Formation spontanée de nœuds dans les câbles métalliques.

Pour la Chronique et les Comptes Rendus,

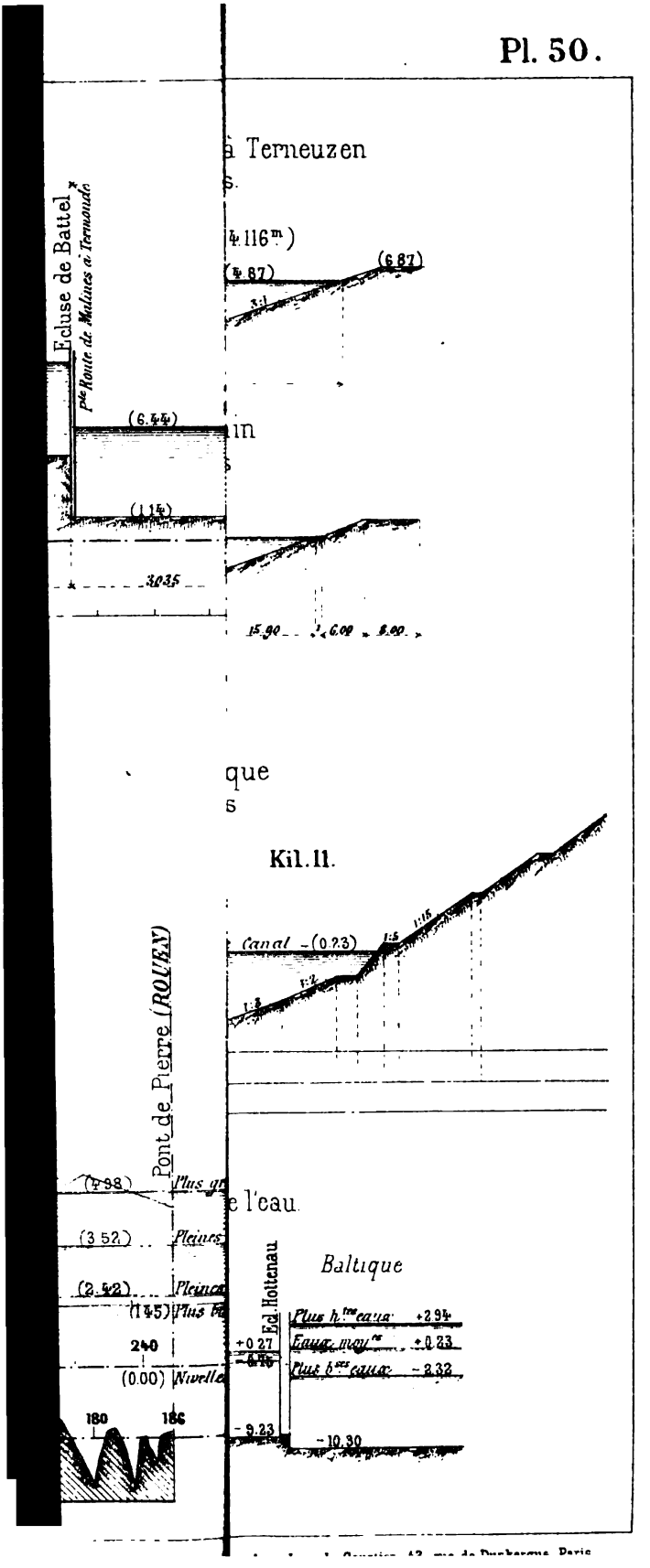
A. Mallet.

PARIS. — IMPRIMERIE CHAIX, 20, RUE BERGÈRE. — 26178-12-91.



la Fig. 3

l maritime projeté
weg de la Seine.


à Terneuzen
s.
4.116m)
(4.87)
(6.87)
3:1
Ecluse de Battel
pte Route de Malines à Terneuzen
(6.44)
in
(1.15)
3035
15.90
6.00
8.00
que
s
Kil. 11.
Canal -(0.23)
1:5
1:15
1:3
1:2
Pont de Pierre (ROUEN)
(2.98)
Plus gr
e l'eau.
(3.52)
Pleines
(2.42)
Pleines
(1.45)
Plus ba
240
(0.00)
Nivelle
180
166
Ecl. Holtenau
Baltique
Plus h.tes eaux +2.94
Eaux moyennes +0.23
Plus bas. eaux -2.32
+0.27
-0.15
-9.23
-10.30

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

DÉCEMBRE 1891

N° 6

Sommaire des séances du mois de décembre 1891 :

1° *Décès* de MM. L. Vigreux et J.-C. Binder. (Séance du 4 décembre), page 608 ;

2° *Don de Bons de l'Emprunt de 75 000 f* (Séance du 4 décembre), page 608 ;

3° *Régime des plages et sur la régularisation des ports*, par M. Paul Cornaglia, *lettre* de M. H. Hervegh sur le. (Séance du 4 décembre), page 608 ;

4° *Aluminium et ses applications (Note sur la Métallurgie de l')*, par M. U. Le Verrier, *lettre* de M. A. Pourcel. (Séance du 4 décembre), page 609 ;

5° *Les Attachés commerciaux et Ingénieurs près les Consulats*, par M. E. Bert, et *Observations* de MM. J. Fleury, J. Charton, A. de Serres, F. Limet, Max de Nansouty, H. Couriot. (Séance du 4 décembre), page 610 ;

6° *Les Échelles mobiles des salaires en Angleterre (Sliding Scales)*, par M. G. Salomon, et *Observations* de M. H. Couriot. (Séance du 18 décembre), page 621 ;

7° *Compte rendu de la situation financière de la Société pour l'exercice 1890-1891*, par M. H. Couriot, trésorier. (Séance du 18 décembre), page 624 ;

8° *Élection des membres du Bureau et du Comité pour 1892.* (Séance du 18 décembre), page 632 ;

9° *Dates des séances de la Société pour 1892.* (Séance du 18 décembre), page 633.

Pendant le mois de décembre, la Société a reçu :

32477 — De M. L. Tetmajer. *Rapport sur les essais faits en vue de reconnaître la qualité et les propriétés de résistance des produits des usines de MM. Wendel et Cie* (in-8° de 192 p. et 15 pl.). Zürich, Lohbauer, 1891.

32478 — Du même. *Bericht über die Mönchensteiner Brücken Katastrophe*, von de Ritter und Tetmajer (in-4° de 22 p. et 12 pl.). Zürich, Zürcher et Fürrer, 1891.

32479 — De M. H. Grison. *Pratique du calcul des planchers* (in-8° autog. de 43 p. et 16 pl.) 1891.

32480 — Du même. *Planchers en bois et en fer* (in-8° de 46 p.). Paris, Berger-Levrault, 1891.

32481 — De M. Féraud (M. de la S.). *Sur une modification de suspension des véhicules de chemins de fer et de tramways* (petit in-4° de 3 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1891.

32482 — De M. A. Fock (M. de la S.). *Algérie, Sahara, Tchad* (in-8° de 75 p. et 1 pl.). Paris, A. Challamel, 1891.

32483 — De M. A. Picard. *Rapport du Jury international de l'Exposition universelle de 1889, à Paris. Groupe III. Mobilier et accessoires* (grand in-8°). Paris, Imprimerie nationale, 1891.

32484 — De M. H. Chapmann (M. de la S.). *Engineering in the British Dominions* (in-8° de 76 p.). London, 1891.

32485 — De M. Al. Dumas (M. de la S.). *Le Tarif à appliquer à Panama et les revenus probables du canal* (grand in-8° de 89 p. et 1 carte). Paris, E. Bernard et Cie, 1891.

32486 — De M. E. de Churruca. *Memoria que manifesta el estado y progreso de la Obras de Mejora de la Ria de Bilbao y cuenta de gastos e ingresos durante el ano economico de 1890 à 1891* (petit in-4°). Bilbao, J. E. Delmas, 1891.

32487 — De M. H. Hervegh (M. de la S.). *Sul Regime delle spiagge e sulla regolazione dei porti*, per P. Cornaglia (grand in-8° de 569 p. et 12 pl.). Torino, Paravia et C., 1891.

32488 — De M. R. Le Brun (M. de la S.). *Compagnie franco-belge des chemins de fer colombiens. Rapport de mission* (in-4° de 211 p. et 11 pl.). Paris, Chaix et Cie, 1890.

32489 — Du même. *Notice relative à l'avant-projet d'amélioration du canal de Louvain au Ruppel* (in-8° de 26 p. et 1 pl.). Louvain, Ch. Fonteyn, 1891.

32490 — De M. A. Picard. *Rapport du Jury international sur l'Exposition universelle de 1889, à Paris. Groupe IV. Tissus, vêtements et accessoires* (grand in-8°). Paris, Imprimerie nationale, 1891.

32491 — De M. G. Richard (M. de la S.). *Les Moteurs secondaires à l'Exposition universelle de 1889* (grand in-8° de 499 p.). Paris, E. Bernard et Cie, 1891.

32492 et 32493 — Du même. *Les nouveaux moteurs à gaz et à pétrole* (grand in-8° de 1 000 p. et atlas in-4° ital. de 30 pl.). Paris, Veuve Ch. Dunod, 1892.

32494 — Du même. *Sur les machines à triple expansion* (in-8° de 24 p. et 1 pl.). Paris, Gauthier-Villars, 1890.

32495 — Du même. *Rationalisation des expériences de Regnault sur la vapeur* (in-8° de 61 p. et 1 pl.). Paris, Gauthier-Villars, 1890.

32496 — Du même. *Application de la théorie éthéro-thermique à l'étude de la vapeur d'eau* (in-8° de 24 p.). Gauthier-Villars, 1890.

32497 — De l'Asociación de Ingenieros industriales de Barcelona. *Catalogo de la biblioteca 1891* (in-12 de 159 p.).

32498 — De M. A. Béthouart (M. de la S.). *Rapports du Jury international sur l'Exposition universelle de 1889 à Paris, classe 50* (grand in-8°). Paris, Imprimerie Nationale, 1891.

32499 — De M. A. Mallet (M. de la S.). *Note sur les locomotives à quatre cylindres à châssis articulés (système Mallet)* (in-4° de 15 p.). Paris, Veuve Ch. Dunod, 1891.

32500 — De M. L. Bravet (M. de la S.). *Étude sommaire sur les forces motrices hydrauliques de la région de Grenoble* (in-8° de 42 p.). Grenoble, Veuve Rigaudin, 1891.

32501 — De M. L. Carette et E. Herscher (M. de la S.). *Traité de physique industrielle*, tome II, 2e partie.

32502 — De M. J. Henrivaux (M. de la S.). *Projet de caisse de prévoyance pour Sociétés industrielles* (in-8° de 16 p.). Lille, L. Danel, 1891.

32503 — De l'École spéciale d'Architecture. *Séance d'ouverture du 10 novembre 1891* (in-8°). Paris, Delalain.

32504 — De M. D. Fitzgerald (M. de la S.). *Yield of the Sudbury River water sheed in the freshet of february 10 th.-13 th. 1886* (in-8° de 16 p.).

32505 — De M. Walter Strapp (M. de la S.). *Railways. Report of the Board appointed to inquire into efficiency of the Westinghouse and Vacuum continuous bracke for goods trains* (in-4° de 18 p. et 7 pl.). 1891.

32506 — Du même. *Frein à vide automatique de la Compagnie du Frein à vide « The Vacuum automatic Brake »* (grand in-4° de 10 p. et 12 pl.). London, 1891.

32507 à 32510 — De MM. E. Bernard et Cie. *Cours théorique et pratique d'exploitation des mines*, par F. Cambessédès (4 premiers fascicules in-4°). Paris, E. Bernard et Cie, 1886-1890.

32511 — De M. A. Picard. *Rapport général sur l'Exposition universelle de 1889*, tome V (grand in-8°). Paris, Imprimerie Nationale, 1891.

32512 — De M. A. Hallopeau (M. de la S.). *L'Égypte et la Nubie*, grand album monumental, historique, architectural (in-f° de 150 pl.), par A. Palmieri et A. Béchard, 1891.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE DÉCEMBRE 1891

Séance du 4 décembre 1891.

PRÉSIDENCE DE M. E. POLONCEAU.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer la mort de M. L. Vigreux, membre du Comité de la Société, qui était un ingénieur distingué dont la perte sera vivement ressentie par tous ceux qui l'ont connu, et celle de M. J.-C. Binder, qui a fait réaliser à la carrosserie des progrès considérables.

M. LE PRÉSIDENT annonce ensuite que M. Arrault a fait abandon de deux bons souscrits par lui à notre emprunt de 1889.

Il est donné lecture d'une lettre de M. H. Hervegh, qui fait don à la Société d'un ouvrage récemment paru sur le régime des plages et sur la régularisation des ports, par M. Paul Cornaglia, inspecteur du génie civil italien en retraite, ancien élève de l'École nationale des Ponts et Chaussées de Paris.

« Cet ouvrage très important, conçu, dit M. Hervegh, à la suite de discussions très vives qui eurent lieu en 1876 au sujet du port de Gênes, est divisé comme suit :

Première partie : Maximes.

1° Sur la propagation verticale des ondes dans les liquides ;

2° Sur le flot de fond dans les liquides en état d'ondulation ;

3° Sur les plages ;

4° Sur la régularisation des ports, surtout sur plages peu profondes ;

5° Sur les besoins des ports en général et sur ceux du port de Gênes en particulier.

Deuxième partie : Applications.

1° Sur le port de Carlovassi, dans l'île de Samos ;

2° Sur la systématisation du port de Carlovassi ;

3° Observations sur deux notes de marins au sujet des conditions du port de Gênes en 1886 ;

4° Sur les ensablements du nouveau port de Bari. »

Je pense que ce livre intéressera certainement nos collègues et pourra être consulté par eux avec fruit.

Veuillez agréer, ...

HORACE HERVEGH.

Il est ensuite donné lecture d'une lettre de M. Pourcel, qui signale à notre attention un travail que vient de publier, dans le dernier bulletin de l'industrie minérale, M. U. Le Verrier, professeur de métallurgie au conservatoire des Arts et Métiers, et qui a pour titre : *Note sur la Métallurgie de l'aluminium et sur ses applications.*

« J'estime, dit M. Pourcel, que ce travail, qui complète ceux présentés récemment à la Société des Ingénieurs civils, sur la même question et sous les signatures si autorisées de MM. Brivet et Haubtmann, peut être lu avec intérêt par ceux de nos collègues qu'intéresse le côté pratique des nouvelles applications de l'aluminium, à cause des aperçus nouveaux et originaux que renferme la note de M. Le Verrier.

» L'auteur rappelle la communication faite à l'Académie des sciences, le 25 mai 1891, par M. Adolphe Minet, et qui avait pour objet de faire connaître les résultats obtenus en soumettant à l'électrolyse la bauxite brute. Les trois éléments de la bauxite sont réduits dans l'ordre suivant : oxyde de fer, silice et alumine. C'est plutôt une action réductrice simultanée des trois corps qui a lieu, mais avec des coefficients d'énergie différents ; de telle sorte que c'est d'abord un siliciure double de fer et d'aluminium qui se forme et va en s'enrichissant en aluminium jusqu'à ce qu'il ne reste plus que de l'alumine pure soumise à l'électrolyse.

» A ce moment, si l'on écoule le bain qui s'est formé, celui qui se formera subséquemment sera composé d'aluminium pur.

» En résumé, en soumettant à l'électrolyse une bauxite brute, dont le prix n'est plus comparable à celui de l'alumine pure que l'on prépare aujourd'hui pour servir de matière première à la fabrication de l'aluminium on obtient, tout d'abord, un alliage de silicium, fer et aluminium, que l'on peut considérer presque comme un sous-produit de fabrication, et auquel, par conséquent, on peut attribuer un prix relativement faible par rapport à celui de l'aluminium pur.

» M. Le Verrier, dans sa note, se demande si un alliage à 10 ou 15 0/0 de silicium, 6 à 10 0/0 de fer, et 75 à 80 0/0 d'aluminium, peut être substitué à l'aluminium *industriellement pur*, c'est-à-dire renfermant 96 0/0 environ d'aluminium, et coûtant encore 12 *f* environ le kilogramme, que l'on emploie aujourd'hui dans la fabrication des aciers ?

» Oui, assurément. Un tel alliage fond à 800 ou 900° centigrades, par conséquent bien au-dessous de l'acier ; et, du jour où on le livrerait à l'industrie au prix de 2,50 à 3 *f* le kilogramme — ce que *M. Adolphe Minet pense pouvoir réaliser*, — son emploi se généraliserait, et, certes, sa substitution totale ou partielle au ferro-manganèse aurait les conséquences les plus heureuses pour les qualités des produits doux et extra-doux.

» Je dis que le prix de 2,50 à 3 *f* le kilogramme est parfaitement acceptable pour un alliage à 80 0/0 d'aluminium, attendu que $\frac{1}{1\,000}$ d'aluminium, qui est la dose à laquelle on l'introduit dans les bains d'acier, — *et dans la poche de coulée*, — ne coûterait que 0,375 *f* au plus ; tandis que le ferro-manganèse à 80 0/0 de manganèse, dont le prix est de 0,40 *f* le kilogramme, en moyenne, mais dont la dose introduite est

rarement inférieure à $\frac{8}{1\,000}$, entraine une dépense de 0,40 *f* par 100 *kg* de métal doux.

» Pour les métaux extra-doux obtenus sur sole basique ou neutre, avec *des matières premières pures*, l'aluminium seul suffirait, sans addition de ferro-manganèse. On aurait ainsi un métal coulé, sous forme de lingots sains, tout à fait approprié aux applications multiples qu'on en pourrait faire dans toutes les branches de l'électricité.

» En effet, un métal pur de phosphore et de soufre, et qui ne contiendrait que 0,08 de carbone $\left(\frac{8}{10\,000}\right)$, avec des traces de manganèse et de silicium, présenterait une résistance électrique minima qui le ferait substituer au cuivre dans bien de ses applications dans l'électricité.

Quant au métal fondu destiné aux coques de navire et aux chaudières, je crois que du jour où — grâce à l'addition d'aluminium — on pourrait l'obtenir avec un minimum de manganèse, $\frac{1}{1\,000}$ à $\frac{15}{10\,000}$ environ, on aurait fait un grand pas pour le soustraire — *du moins en grande partie* — aux effets nuisibles d'écrouissage de la mise en œuvre ; et, aussi, aux effets, non moins fâcheux, de corrosion par l'eau de mer, sur les coques des navire, ou par l'eau plus ou moins pure d'alimentation, sur les tôles de chaudières.

» Les résistances de 42 à 45 *kg*, plus ou moins justifiées, que l'on exige des tôles pour coque de navire, ne devraient être obtenues que par le carbone ; et, dans la pratique, rien n'est plus aisé que de le réintégrer à dose voulue par une recarburation dans la poche de coulée, quand l'aluminium est employé comme corps désoxydant. »

Il est également donné lecture d'une lettre du directeur général des Chemins de fer roumains indiquant qu'un concours aura lieu le 11 janvier 1892 pour l'installation d'une usine à injecter les traverses de voies. Les documents relatifs à ce concours sont déposés au secrétariat.

M. Émile Bert a la parole pour présenter sa communication sur *Les attachés commerciaux et ingénieurs près les consulats (Moyens de développer le commerce extérieur de la France)*.

Il dit que la production industrielle a été, depuis quarante ans, complètement modifiée par les perfectionnements successifs que l'on a apportés aux procédés de fabrication. L'emploi des machines, en contribuant au développement et à la généralisation des procédés industriels, a abouti à une surproduction et, par suite, à une concurrence effrénée entre les nations.

Les conditions de la vente des produits se sont modifiées en même temps que celles de la production. Les améliorations dans les moyens de transport et de communication ont eu pour conséquence inévitable une transformation des habitudes industrielles et commerciales.

Dans cette lutte ardente et infatigable, l'habileté consiste non seulement à rivaliser dans l'amélioration des procédés de fabrication, dans la diminution des prix de revient et dans la recherche des débouchés commerciaux ; mais on doit aussi donner à l'industrie et au commerce de la

nation une protection suffisante pour leur permettre de lutter à l'intérieur contre la concurrence étrangère.

Ce mot de « protection » qu'une école d'économistes, assurément très généreuse, très libérale, très philosophique, avait presque réussi à rendre odieux en le représentant comme l'expression d'un système destiné à favoriser le riche contre le pauvre, le producteur contre le consommateur, ce mot de protection est aujourd'hui réhabilité ; car, à part quelques théoriciens qui font de l'art pour l'art, tout le monde comprend que, pour faire honneur à ses affaires, le meilleur moyen est de ne pas en confier la surveillance à ses rivaux, mais au contraire de se protéger soi-même contre ses concurrents.

Sauf l'Angleterre, qui a une prépondérance difficile à détruire dans la grande industrie des transports et qui possède deux ou trois genres de fabrications dans lesquels elle excelle, tous les pays d'Europe sont revenus plus ou moins au système protecteur. Les États-Unis l'appliquent également avec une rigueur extrême.

Aujourd'hui la France elle-même a reconnu ses errements passés et elle a manifesté d'une façon catégorique sa ferme volonté de reprendre sa liberté commerciale et de cesser de livrer, sans défense, son agriculture et ses manufactures aux coups de la concurrence étrangère. Le nouveau tarif des douanes, voté par la Chambre des députés, actuellement en discussion au Sénat, en est la preuve manifeste.

Ce sujet a fait, à la Société, l'objet d'une discussion très approfondie à la suite de la communication sur les traités de commerce et les tarifs douaniers, présentée par M. É. Bert à notre séance du 21 février 1890 (1); aussi son intention n'est-elle pas de revenir sur ce sujet.

Il se propose aujourd'hui d'appeler l'attention sur les moyens de développer notre commerce extérieur en laissant de côté toute préoccupation de tarifs.

Quand on compare le développement de notre commerce extérieur avec celui des principales nations étrangères, on constate que sa progression est beaucoup plus faible. Les quatre grandes nations qui ont toujours tenu la tête du commerce d'exportation sont : l'Angleterre, la France, l'Allemagne et les États-Unis. En 1860, la France occupait le second rang après l'Angleterre et avant les États-Unis et l'Allemagne. Aujourd'hui nous sommes passés au quatrième rang, alors que l'Angleterre conserve le premier, que les États-Unis passent au second et que l'Allemagne reste au troisième. De 1869 à ce jour, les exportations de l'Angleterre se sont accrues de 83 0/0, celles des États-Unis de 157 0/0, celles de l'Allemagne de 127 0/0 et celles de la France de 62 0/0 seulement.

A quoi cela tient-il ? Et que pouvons-nous faire pour y remédier?

On nous reproche volontiers de manquer d'initiative, alors que c'est là un des traits saillants de notre caractère national, et de nous laisser distancer par des rivaux qui nous sont inférieurs, mais qui sont plus hardis et plus entreprenants que nous.

Ces critiques, que nous nous adressons volontiers nous-mêmes (avec

(1) Voir le compte rendu des séances de la Société des Ingénieurs civils des 21 février, 25 avril, 2 et 16 mai 1890.

la funeste habitude que nous avons de nous dénigrer) sont-elles fondées? Il est incontestable que notre commerce extérieur est inférieur à ce qu'il pourrait être, et qu'il n'a pas acquis. dans ces quarante dernières années, le développement auquel il aurait pu arriver, et nous sommes obligés de constater malheureusement trop souvent que, sur les marchés étrangers, la place qui lui reviendrait est occupée par des rivaux, plus actifs peut-être, mais surtout mieux renseignés et mieux servis par les agents officiels de leur nation.

Cette cause d'infériorité, que tout le monde reconnait, est sans contredit la plus importante.

Si un industriel français, trouvant ses débouchés ordinaires par trop restreints, vient à avoir l'idée d'en chercher de nouveaux sur les marchés étrangers, il est tout naturel qu'il commence, au préalable, par recueillir les renseignements les plus précis et les plus désintéressés sur les conditions de ces marchés, sur les besoins qui s'y font sentir, sur les objets qui, de préférence, y sont demandés. A qui s'adressera-t-il? Aux consuls français de la région qu'il a en vue. C'est ainsi qu'en pareil cas agissent les négociants anglais, allemands, belges, qui obtiennent de leurs consuls respectifs tous les renseignements qui peuvent leur être utiles. Il écrit donc à un ou plusieurs de nos consuls, et alors que se passe-t-il? Ou il ne reçoit pas de réponse, ou, s'il en reçoit une, elle sera tellement vague, tellement évasive, tellement réservée, sur les points qu'il lui importe le plus de connaitre, qu'elle ne lui servira à rien.

Nos consuls ne donnant point satisfaction à nos commerçants quand ils s'adressent à eux, ils ne songent évidemment pas à les réveiller de leur apathie par des avis officieux, par l'indication spontanée des circonstances favorables à l'extension de nos échanges extérieurs.

Mais d'où provient cette insuffisance de nos consuls à rendre au commerce national des services que les consuls des pays étrangers rendent à leurs concitoyens? Ce n'est assurément pas manque de capacité.

D'après M. Bert, cette infériorité réside tout entière dans le mode d'organisation administrative de notre service consulaire. Par sa nature, il est d'ordre essentiellement commercial; mais il a été successivement détourné de son véritable but et s'est progressivement transformé en service diplomatique. Aussi, qu'arrive-t-il? C'est que les questions purement commerciales de la nature de celles qui sont l'unique raison d'être des institutions consulaires semblent être à nos consuls d'un ordre inférieur, et ils évitent d'intervenir en faveur de nos nationaux pour ne pas compromettre leur dignité.

Si même nos consuls ne sont pas personnellement animés par cet esprit anticommercial, ils s'y trouvent naturellement poussés par l'exercice même de leurs fonctions et les instructions qui leur sont données par le gouvernement. Notre collègue, M. de Nansouty, a déjà mis ce point en évidence dans la brillante et savante communication qu'il a présentée à la Société, le 1er février 1884; aussi M. Bert n'insistera-t-il pas de nouveau sur ce sujet. Il signalera seulement que, dans le but de remédier à cet état de choses, M. le ministre du Commerce, de l'Industrie et des Colonies vient d'adresser une circulaire aux présidents des

Chambres de commerce de France et d'Algérie, qui est ainsi conçue :

« Monsieur le Président, j'ai l'honneur de vous informer que j'ai pris, » d'accord avec M. le ministre des Affaires étrangères, des mesures spé- » ciales pour répondre dans le plus bref délai possible, aux demandes de » renseignements qui me sont adressées par les industriels et les négo- » ciants français, et qui comportent l'intervention de nos agents diplo- » matiques ou consulaires à l'étranger.

» Je ne doute pas que cette amélioration de l'état de choses existant, » en ce qui concerne les délais d'envoi des informations sollicitées, ne » soit de nature à faciliter les progrès de nos relations avec les marchés » extérieurs, et je vous serais obligé de porter le présent avis à la con- » naissance du commerce de votre circonscription (1). »

Dans son rapport sur le budget du ministère des Affaires étrangères pour 1892, M. Pichon déplore également l'insuffisance de notre représentation consulaire au point de vue des relations commerciales de nos nationaux à l'étranger :

« Il est certain, dit-il, que le personnel de nos agences consulaires » ne remplit pas, à l'égard de notre commerce extérieur, l'office auquel » il semble destiné. Le régime en vertu duquel il fonctionne et qui est » établi sur de vieilles ordonnances répond mal aux besoins de notre » société moderne. Nos représentants à l'étranger ont trop souvent pris » l'habitude de se désintéresser ou de se soucier médiocrement de ce » qui concerne notre vie commerciale et industrielle. Ils se renferment » trop exclusivement dans l'exercice, parfois léger, de leurs fonctions » administratives. Ils se bornent à correspondre correctement avec leurs » chefs, à faire acte de présence dans leurs bureaux, à recevoir (et au » besoin à éconduire) ceux de nos compatriotes qui leur rendent visite. » Ils ne sont pas toujours en mesure de les renseigner comme il con- » viendrait, et de leur prêter l'appui nécessaire pour la diffusion des » matières de fabrication française au delà de nos frontières. Il est rare » qu'ils encouragent les hommes de négoce, les colons, ceux de nos » concitoyens qui vont chercher fortune hors de la patrie, à s'adresser à » eux et à profiter de leur expérience et de leurs lumières. »

Étant reconnu que notre représentation consulaire ne rend pas à nos nationaux les services sur lesquels ceux-ci seraient en droit de compter, quel est le remède à apporter à cette situation ?

M. Bourgeois a présenté, à la Chambre des députés, le 28 mai 1889, une proposition de loi tendant à rattacher au ministère du Commerce, de l'Industrie et des Colonies les consulats, qui dépendent actuellement du ministère des Affaires étrangères. Est-ce là une solution efficace? M. Bert ne le pense pas, car il importe peu, au point de vue pratique, que les consulats appartiennent à un ministère plutôt qu'à un autre. Les industriels et les commerçants en seront-ils mieux renseignés?

La destination rationnelle des consuls est d'être des agents commerciaux chargés des intérêts de notre commerce à l'étranger. Leur nom même est synonyme de commerçant; la juridiction commerciale est indifféremment désignée sous le nom de juridiction consulaire. Mais

(1) Voir le *Génie civil* du 24 octobre 1891, page 431.

aujourd'hui nos consuls ayant pris l'habitute de se désintéresser des intérêts de notre commerce, pour se préoccuper presque exclusivement de leurs fonctions administratives et diplomatiques, faut-il réformer notre organisation consulaire pour faire cesser cette anomalie ? Cela présenterait des difficultés considérables, demanderait beaucoup de temps, pour aboutir peut-être à un maigre résultat.

La solution, d'après M. Bert, paraît être dans la création d'attachés commerciaux et ingénieurs près les consulats.

Ces attachés consulaires, animés de l'esprit commercial qui fait défaut chez les consuls, rendraient à nos industriels et à nos commerçants les plus grands services, mais encore faut-il n'en point faire une nouvelle classe de fonctionnaires. Ils devraient avoir le droit de correspondre directement avec les particuliers, de s'occuper activement de leurs affaires, en un mot de se constituer leurs représentants effectifs.

Comme rémunération de leurs services, ceux qui auraient recours à eux leur payeraient une rétribution proportionnelle aux affaires qu'ils auraient traitées; et ainsi ce service ne coûterait pas un centime au budget, ce qui à l'heure présente ne serait pas à dédaigner.

Cette solution n'est pas nouvelle; elle a été développée ici même par M. de Nansouty, qui demandait que les fonctions d'attachés consulaires soient confiées seulement à des ingénieurs (1). M. Bert croit qu'il faut élargir ce cadre et admettre à ce poste toutes personnes capables de l'occuper.

Au point de vue des conditions générales de recrutement, il est tout à fait d'accord avec M. de Nansouty; les fonctions d'attachés consulaires ne doivent être confiées qu'à des personnes ayant déjà fait leurs preuves et dont les états de service répondent de leur capacité, de leur habileté et de leur honorabilité. N'y a-t-il pas nombre d'ingénieurs qui, après être restés plusieurs années dans un pays, sont obligés de rentrer en France parce que l'entreprise qu'ils dirigeaient est terminée ou pour toute autre raison, mais qui seraient très disposés à rester dans le pays qu'ils ont habité longtemps, dont ils connaissent les habitudes et les besoins, s'ils y trouvaient une position et un avenir assurés que les administrations, et encore moins l'industrie étrangère, ne peuvent leur procurer ?

Rien ne s'oppose à ce qu'il y ait près d'un consulat plusieurs attachés commerciaux, chacun s'occupant de ce qu'il connaît particulièrement, et si cela se pouvait, le mieux serait qu'il y eût un attaché pour chaque grande spécialité industrielle.

Plusieurs pays étrangers nous ont devancés sur ce point, comme sur beaucoup d'autres : l'Angleterre et l'Allemagne ont déjà créé un service d'attachés commerciaux près de leurs consulats qui rendent à leurs nationaux les plus grands services. Ils leur indiquent l'itinéraire à suivre, la nomenclature des articles à présenter, les genres de ventes courantes, les marques préférées, les us et coutumes de la place, les commerçants notables, les crédits à accorder, etc. Ils envoient des catalogues, échantillons, etc. Bref, ils n'épargnent rien pour faire prospérer le commerce et

(1) Voir le *Bulletin* de la Société, 1884, p. 157.

l'industrie de leur patrie et pour les soutenir dans la concurrence internationale ; d'ailleurs, c'est pour cela qu'ils ont été spécialement nommés.

Sans parler de nos colonies, qui pourraient offrir des débouchés aux productions françaises, n'avons-nous pas la possibilité de nous créer, avec un peu d'activité, d'énergie, d'habileté, des débouchés considérables chez des nations voisines?

Pour encourager les chefs de nos grandes maisons à allér chercher de nouveaux débouchés, nous devrions pouvoir aussi leur dire : « Allez au bureau de notre attaché commercial à Vienne, à Budapesth, à Constantinople, à Moscou, etc., et là vous serez certain d'avoir de suite, non seulement un exposé sincère de la situation du marché où vous irez opérer, mais de plus, vous y obtiendrez gratuitement une série d'avis pratiques sur la façon d'organiser vos dépôts ou vos succursales, sur les ennuis à éviter, les itinéraires à observer pour vos tournées d'étude ou d'affaires et même — à titre confidentiel et officieux — des données sûres quant à la valeur des maisons avec lesquelles vous aurez des relations. Là vous trouverez les types, dessins et échantillons des articles demandés, etc., etc. »

Les pouvoirs publics qui s'occupent en ce moment avec tant de sollicitude, à donner au travail national la protection dont il a besoin, ne pourraient mieux faire que de compléter leur œuvre par l'organisation d'un service nouveau mettant à la disposition de nos exportateurs les moyens capables d'augmenter la vente à l'étranger de nos produits agricoles ou manufacturés.

Cette création d'attachés commerciaux est depuis longtemps à l'étude; elle a été préconisée dans un rapport adressé à M. Ribot par M. Gaston Cadoux chargé d'un voyage dans l'Europe centrale. La Commission du budget à la Chambre des députés s'est prononcée en sa faveur en 1884 et elle n'a cessé d'être réclamée par les rapporteurs du budget des Affaires étrangères et, cette année encore, par M. Pichon.

La presse elle-même, sans distinction de parti, est unanime à la réclamer. Alors pourquoi attend-on si longtemps? « Il nous est revenu, lisons-nous dans un article du *Petit Journal* du 8 novembre 1891, qu'une querelle des bureaux des deux ministères intéressés, les Affaires étrangères et le Commerce, risquait encore d'en retarder l'essai. »

» Certes l'État ne peut pas, ajoute l'auteur de cet article, d'un coup de » baguette magique, faire abonder les commandes étrangères; mais il » doit stimuler l'initiative de nos chefs d'industrie, de nos négociants, » de nos armateurs et commissionnaires en marchandises. D'autre part, » il est indispensable que nous développions grandement nos affaires » d'exportation si nous ne voulons pas subir une crise économique re » doutable.

» Qu'on se hâte donc de créer, au moins à titre d'essai, quelques » postes d'attachés commerciaux. Surtout qu'on choisisse pour ces postes » de confiance des patriotes éclairés sachant qu'ils vont sur un véritable » champ de bataille, tenaces, actifs, décidés à se consacrer entièrement » à la diffusion de notre influence commerciale et industrielle et aussi » peu fonctionnaires que possible. »

Dans la lutte économique qui se poursuit aujourd'hui avec des moyens

d'action décuplés par la facilité des communications et l'extension des moyens de production, ce ne sont pas les nations les plus productrices qui finiront par avoir le dessus, mais celles qui seront les mieux organisées au point de vue du commerce. Or, cette organisation, en ce qui touche notre service consulaire, nous fait absolument défaut, et jamais peut-être n'en avons-nous eu un plus pressant besoin. « C'est pourquoi, dit en terminant M. Bert, je me suis permis de venir vous entretenir de la question des *attachés consulaires* que je considère, pour ma part, comme extrêmement importante, et je pense que c'est également le sentiment de beaucoup d'entre vous, car à la suite de la communication de M. de Nansouty, MM. Gottschalk, Jordan, nos anciens présidents, Roy, Queruel et Séverac ont défendu les mêmes idées ; nous devons donc tous, dans la mesure de nos moyens, faire nos efforts pour en obtenir la réalisation. »

M. J. Fleury dit combien il a été heureux d'entendre M. Bert faire l'éloge des doctrines qu'il a défendues toute sa vie et justifier la nécessité de développer notre commerce d'exportation. Sur cette question il est absolument d'accord avec lui. Rien n'est plus nécessaire que l'exportation à un pays qui, comme le nôtre, envoie à l'étranger pour 3 753 millions de produits, dont 2 milliards d'objets fabriqués. Il signale l'opinion de M. Jules Ferry (1) qui a déclaré que l'exportation était une nécessité pour notre pays et qu'il fallait non seulement maintenir nos débouchés à l'extérieur, mais encore les développer et en créer de nouveaux, si c'est possible. C'est avec juste raison que M. Bert a attiré votre attention sur ce sujet; dans la lutte qui est sur le point de se terminer, on a dit du commerce d'exportation un peu plus de mal qu'il n'en méritait. S'il est d'accord avec son collègue sur tous ces points, il n'en est pas de même quant à la solution proposée.

Il rappelle qu'il assistait à la séance du 1er février 1884 dans laquelle M. Max de Nansouty a soutenu la même thèse que celle que vient de développer M. Bert, et que depuis cette époque il regrette de ne pas avoir pris la parole pour la combattre.

Les critiques dirigées contre le corps consulaire sont-elles justifiées? M. Fleury, qui a passé un grand nombre d'années hors de France, ne le croit pas; il a eu fréquemment recours aux consuls et il a constaté qu'ils étaient toujours pleins de zèle et qu'ils ne négligeaient rien pour donner satisfaction à nos nationaux et défendre leurs intérêts contre la concurrence. Les attachés consulaires, dont nous parle M. Bert, agiraient-ils autrement que les consuls?

Les renseignements que l'on demande aux consuls sont de deux sortes :

1° Des indications générales sur le pays et ses moyens de production, sur les produits qu'on peut y vendre et la façon dont on traite les affaires, etc.; or, ces renseignements-là sont donnés à profusion aux industriels et commerçants par le *Bulletin consulaire*, le *Bulletin du Ministère de l'Agriculture* et plusieurs autres publications ; mais on ne les lit pas. Ces publications contiennent des rapports de nos consuls dans toutes les contrées du globe ; les consuls donnent même quelquefois des détails

(1) *Le Tonkin et la Mère patrie.*

relatifs à certains négoces, à certaines industries, et souvent ils donnent des conseils d'une valeur pratique incontestable. Les attachés consulaires feraient-ils mieux ? Il est permis d'en douter.

2° Des renseignements particuliers : telle maison est-elle solvable ? telle marchandise peut-elle être vendue, en quelle quantité, de quelle façon ? Les consuls ne répondent pas à de semblables questions et il faut les en féliciter ; ces renseignements commerciaux ne sont point de leur compétence. L'attaché consulaire, même si c'est un ingénieur, pourra-t-il répondre à toutes ces questions ? Saura-t-il quelle est la nature ou la couleur de l'étoffe qui convient le mieux à un pays ? et s'il est renseigné sur ce point, pourra-t-il répondre en ce qui concerne d'autres marchandises, la poterie, par exemple ? Il n'aura pas une compétence universelle et il ne sera pas à même de renseigner mieux que les consuls.

Les mesures prises par M. le ministre des Affaires étrangères à la date du 13 novembre dernier produiront certainement un excellent résultat, de nature à donner satisfaction aux intéressés.

A quoi serviraient donc ces agents consulaires ?

D'un autre côté, il y a dans tous les pays des Français qui ont acquis une situation par leur travail : ne serait-il pas délicat et même dangereux de venir leur créer une concurrence en envoyant des agents consulaires dont la mission serait de favoriser les opérations de nos nationaux, sans qu'ils aient à quitter le pays ?

Et si l'on veut des renseignements sur les pays étrangers, il est bien facile de s'en procurer en s'adressant aux commissionnaires qui se trouvent sur la place de Paris.

La création des attachés consulaires ne semble pas de nature à favoriser le développement de notre commerce à l'étranger. Le moyen le plus efficace d'y parvenir c'est de diminuer le prix de revient des produits, et on ne peut y arriver qu'avec des droits de douane modérés.

M. J. Charton dit que les consuls sont chargés surtout de protéger et de défendre les intérêts de nos nationaux dans les pays où ils résident, et non spécialement les intérêts des industriels résidant en France. Tous les consuls qu'il a vus à l'étranger étaient très dévoués à nos concitoyens et portaient haut le drapeau français. Les obliger à répondre à toutes les demandes qu'on leur adresse, ce serait les placer dans une situation impossible. Si on leur adjoignait des attachés consulaires, ceux-ci rencontreraient les mêmes difficultés.

M. A. de Serres dit que la question soulevée par M. Bert est des plus importantes, surtout au moment où la revision de nos tarifs douaniers va jeter un certain trouble dans les affaires. Sa communication se divise en deux parties : l'exposé de l'insuffisance de notre organisation consulaire et les moyens d'y remédier.

M. de Serres, qui a passé vingt-trois ans à l'étranger, reconnaît que les critiques de M. Bert sont fondées, et il se déclare opposé aux théories soutenues par M. Fleury.

En ce qui concerne les renseignements publiés par le *Bulletin consulaire* que M. Fleury déclare si intéressants, il affirme que dans bien des cas ils sont incomplets, souvent sujets à caution, et toujours tardifs. Il peut

en parler en connaissance de cause, car de nombreux travaux ont passé sous ses yeux. Le plus grand nombre de ces rapports contenaient de nombreuses erreurs et dans la plupart il n'y avait rien à prendre.

Il a connu beaucoup de consuls à l'étranger et il sait qu'ils sont tous très dévoués à la France, dont ils savent faire respecter le drapeau, comme le dit si bien son ami Charton ; mais favorisent-ils les intérêts français? Là est la question. Or, comme l'a indiqué M. Bert, le consul français s'est malheureusement transformé en agent diplomatique : c'est ce qui a motivé la dernière circulaire de M. Ribot, qui donnera certainement de bons résultats.

L'agent purement commercial près de nos consuls manque et son utilité était reconnue, dès 1871, par M. Gambetta.

Quant à l'organisation de ce service, M. de Serres pense que la question doit être sérieusement étudiée, car elle est d'une solution difficile; il ne faudrait pas créer des agents relevant du Ministère des Affaires étrangères, comme les consuls qui représentent la France à l'étranger et non le commerce français seulement.

Il est bon d'examiner ce que font à ce sujet les autres nations ; aussi M. de Serres croit-il utile de citer un fait personnel, qui est des plus instructifs. Il a eu à s'occuper, il y a un certain nombre d'années, des chemins de fer d'Orient, dans le but de connaître exactement quelle était leur valeur. Pour accomplir sa mission, il a parcouru toute la ligne ; mais, devant connaître quelle en était la valeur commerciale, il est allé à Constantinople où il s'est adressé au Ministère de Commerce, au Ministère des Travaux publics, aux consulats français, autrichiens.... Nulle part il n'a trouvé d'indications satisfaisantes ; mais quand il s'est adressé au consulat allemand, il fut complètement renseigné ; il y avait là non seulement des documents très complets, mais une statistique du trafic pendant les sept dernières années ; on était aussi bien renseigné qu'à la Société des chemins de fer, sinon mieux. Ce seul exemple — et on pourrait en citer bien d'autres, — montre quelle est la différence entre l'organisation des consulats allemands et ceux des autres nations.

M. de Serres estime qu'à l'heure actuelle notre organisation consulaire ne répond pas aux besoins du commerce français, et par là il entend non seulement le commerce d'exportation, mais aussi le commerce d'importation. Il est, en effet, important de connaître ce que l'on peut tirer des pays étrangers et quels sont les produits que l'on peut avantageusement importer. Qui sait, par exemple, que certains vins blancs que nous buvons depuis quelques années nous viennent de la Roumélie et de la Roumanie? Ces produits valent 35 *f* dans ces pays, alors qu'on les paierait 130 *f* à Auch ou à Toulouse. Il est aussi indispensable de connaître les ressources des pays dont nous importons les produits que ceux où nous exportons.

M. de Serres a la conviction que notre organisation consulaire est insuffisante et qu'il faut y remédier au plus vite, si l'on veut éviter de grands dangers ; il estime que la Société des Ingénieurs civils est à même d'indiquer la voie qu'il faut suivre pour arriver à la meilleure solution.

M. H. Limet approuve la critique, très étudiée et très bien faite, de

M. Bert, du rôle de nos consuls au point de vue de nos affaires à l'étranger.

Il ne croit pas pourtant à l'efficacité du remède proposé par M. Bert.

Nos consuls sont actuellement bien plus des fonctionnaires administratifs et diplomatiques que des agents commerciaux. Aussi, lorsqu'on s'adresse à eux pour avoir des renseignements sur les débouchés possibles, sur les conditions de transport et surtout sur les conditions des concurrences étrangères, ils dédaignent de répondre.

Plus heureuses que la France, l'Angleterre, la Belgique et l'Allemagne ont des consuls qui sont de véritables agents commerciaux à la piste de tous les débouchés nouveaux, et qui satisfont aux nécessités et aux exigences du commerce d'exportation de leurs pays.

Cette situation de nos consulats n'est pas nouvelle, puisque M. Limet l'avait signalée à la Commission d'enquête pour les traités de commerce en 1862!

Il croit donc, au point de vue pratique, que nous n'avons rien à inventer, mais que nous devons imiter nos concurrents étrangers dans le recrutement de nos agents et dans l'organisation de nos consulats. Gardons-nous surtout du fonctionnarisme administratif!

M. Max de Nansouty tient à dire que, dans la communication qu'il a présentée en 1884, il n'a pas eu l'idée d'attaquer le corps consulaire français, et ce n'était certes pas non plus tout à l'heure l'intention de M. Bert. Personne n'a jamais douté de la dignité avec laquelle les consuls français portent et défendent le drapeau national à l'étranger. Mais, ce qu'il a tenté de mettre en lumière autrefois, comme son collègue l'a si bien fait aujourd'hui, c'est que les consuls se croient obligés, en vertu d'un principe qui est nuisible à nos intérêts, de ne pas se préoccuper des questions commerciales. Aussi estime-t-il qu'en doublant le consul, légitimement imbu de l'honneur du drapeau, d'un conseil technique qui n'aurait, d'ailleurs, aucunement besoin d'être un homme universel, on arriverait à des résultats bien supérieurs à ceux que l'on obtient actuellement. Et ce qui le prouve mieux que tout autre raisonnement, c'est que nos voisins agissent ainsi et avec succès. Il résulte d'informations récentes des journaux, qu'un attaché technique vient encore d'être adjoint à l'ambassade d'Allemagne à Paris. Les pays étrangers ne s'imposeraient pas ces frais supplémentaires s'ils n'en retiraient pas des avantages appréciables.

M. de Nansouty rappelle l'exemple, qu'il avait cité autrefois, des grandes Maisons françaises, comme le Creusot, qui envoient à l'étranger des Ingénieurs, pour les renseigner sur les procédés de fabrication, sur les affaires à traiter, etc., et qui s'en sont toujours bien trouvées. Ce que font les industriels par initiative privée, ne serait-il pas utile de le faire dans l'intérêt général du pays, en adjoignant au consul un attaché technique ou commercial, s'occupant exclusivement des questions commerciales, renseignant nos industriels sur les importations comme sur les exportations, leur donnant des conseils sur les affaires à traiter, sur les adjudications en cours, etc.? Les publications spéciales dont on a parlé ne donnent pas toutes ces indications, et, en tout cas, elles les donnent souvent trop tard.

Des attachés consulaires renseignant les intéressés en temps utile, de façon à leur permettre de concourir aux entreprises et aux travaux, détermineraient certainement un courant d'affaires qui n'existe point actuellement. Ce n'est point d'une révolution dans les fonctions et dans les usages officiels, mais d'une simple organisation nouvelle qu'il s'agit, en l'espèce, et plusieurs nations étrangères la pratiquent déjà avec succès.

M. H. Couriot dit que les commerçants français se plaignent avec raison de notre représentation consulaire à l'étranger, et la récente circulaire de M. le ministre du Commerce et de l'Industrie est un commencement de satisfaction donnée à l'opinion publique, qui, par l'organe des Chambres de commerce, a formulé les protestations les plus vives contre notre organisation consulaire. Il est donc impossible de ne point reconnaître que l'institution est aujourd'hui l'objet des critiques les plus sérieuses et les plus fondées. Quelles en sont les causes ? Si nos consuls ne sont pas à la hauteur de la situation, M. Couriot pense que cela tient essentiellement au mode de recrutement de notre corps consulaire ; tandis que nous voyons les consuls étrangers choisis parmi les négociants, c'est-à-dire parmi les hommes rompus aux affaires, il n'en est point de même chez nous ; on désigne comme consul un fonctionnaire qui n'est nullement préparé à remplir la mission à laquelle on le destine et on l'envoie dans un pays dont il ne connait ni la langue, ni les usages, ni les mœurs, ni les ressources naturelles, ni les moyens de production. Quand ce fonctionnaire est resté huit ou dix ans dans le pays, quand il est arrivé, en un mot, à le connaître et à pouvoir rendre aux Français quelques services, qu'arrive-t-il ? On lui donne de l'avancement et on l'envoie dans une autre contrée qu'il ne connait pas plus que la première. En fait, chaque fois qu'un consul français a acquis la connaissance du pays dans lequel il a à représenter les intérêts français, au moment où il pourrait, par conséquent, rendre des services à nos nationaux, on le déplace pour lui donner de l'avancement.

Un décret, qui a été rendu, il y a peu de temps (1), sur la proposition du ministre des Affaires étrangères, a eu pour but de permettre de donner à nos consuls un avancement sur place, et de remédier ainsi aux inconvénients précités ; mais il résultera, de ce mode d'avancement, de telles charges pour le budget, qu'on sera obligé, en pratique, de continuer à déplacer les consuls et à les envoyer d'une localité secondaire dans un poste plus important, quand on sera satisfait de leurs services.

Les Etats étrangers choisissent au contraire, le plus souvent, leurs consuls parmi les banquiers, les armateurs et les commissionnaires, personnes en rapport avec tous les genres de commerce et en relations avec tous les industriels du pays qu'ils habitent.

Ils ont ainsi une représentation beaucoup moins onéreuse et, en outre, d'une valeur bien supérieure à la nôtre, au point de vue commercial.

M. Couriot estime donc qu'il serait préférable de modifier le mode de recrutement de nos consuls plutôt que de créer un poste nouveau.

Quant aux renseignements que nous fournissent les consuls, ils sont

(1) Voir *Journal officiel* du 13 novembre 1891.

par trop généraux et surtout trop en retard. Les publications périodiques qui ont été citées tout à l'heure par M. Fleury nous donnent, par exemple, à la fin de 1891, la situation commerciale d'un pays en 1890, c'est-à-dire avec un retard d'une année. Bien des événements ont pu se passer dans l'intervalle ! Quant aux commissionnaires, près desquels on pourrait se renseigner, au dire de M. Fleury, ils se garderont bien de fournir les indications qu'on irait leur demander : ils conservent pour eux ce qu'ils savent, car ils acquièrent leurs renseignements au prix de grands sacrifices d'argent en entretenant des comptoirs et agences dans les grands centres commerciaux du monde entier.

C'est, par suite, en modifiant complètement l'organisation consulaire et son mode de recrutement, dit en terminant M. Couriot, que l'on arrivera à donner satisfaction aux intérêts commerciaux de la France.

M. LE PRÉSIDENT remercie les divers orateurs qui ont pris part à cette intéressante discussion.

Les consuls français à l'étranger jouissent d'une grande réputation d'honnêteté, et ils tiennent haut et ferme le drapeau de la France. Mais ils ne font pas d'affaires comme les consuls de certains pays et représentent l'honneur français.

Personne ici n'a eu la pensée de critiquer les consuls français, et les divers membres qui ont pris part à cette discussion n'ont cherché qu'à indiquer les améliorations qu'il conviendrait d'apporter à notre organisation consulaire, s'il ne serait pas opportun d'augmenter le personnel des consulats afin de leur donner les moyens de pouvoir mieux renseigner ou plus complètement. C'est à vous, Messieurs, dit M. le Président, de réfléchir à ces questions et de voir comment on pourrait arriver à ce résultat, d'après les diverses idées, les opinions, les faits émis dans cette séance.

M. GEORGES SALOMON a la parole pour sa communication sur *les Échelles mobiles des salaires en Angleterre* (Sliding Scales).

Il dit qu'un certain nombre de mines et d'usines métallurgiques de l'Angleterre ont adopté, depuis tantôt vingt années, sous le nom d'*Echelle mobile* (Sliding Scale), un système de fixation des salaires en vertu duquel le salaire de l'ouvrier croit ou décroit d'une manière déterminée avec le prix de vente net du produit de son travail. Le prix de vente net est établi à époques fixes, d'après l'examen des livres des établissements, par des représentants des patrons et des ouvriers.

Ce système, également employé aux États-Unis, a été préconisé par les esprits les plus judicieux.

Il a l'avantage de faire ressortir clairement que l'ouvrier est rémunéré d'après la valeur du produit de son travail, et cependant, il n'a ni établi, ni rétabli l'harmonie dans les milieux industriels où il a été adopté. Les raisons de cet insuccès sont nombreuses. Pendant six mois, trois mois ou quinze jours, selon la durée des périodes de détermination du prix de vente, le salaire peut n'être plus du tout en rapport avec les conditions de l'heure présente.

Si l'ouvrier trouve la situation avantageuse, il se tiendra tranquille ; sinon il réclamera, il renversera l'échelle.

Établie sans tenir compte des divers éléments du prix de revient, no-

tamment du prix des matières premières, l'échelle est limitée comme emploi aux industries où domine la main-d'œuvre, elle met souvent en opposition absolue l'intérêt du patron et de l'ouvrier. Par suite de la courte durée des périodes de détermination, elle n'assure la stabilité, ni au marché du travail, ni à celui des produits, et elle rend plus gênant, par une sorte de permanence, le contrôle exercé par les ouvriers.

Les Anglais qui se flattent, non sans raison, à l'ordinaire, d'être gens essentiellement pratiques, se sont laissé séduire cette fois par la théorie. Gardons-nous de culbuter derrière eux au travers des échelles.

(Cette communication sera insérée au Bulletin).

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Salomon de son intéressante communication. Cette question des salaires est des plus importantes. Depuis longtemps on cherche l'apaisement des querelles sociales qui sont aussi contraires à l'intérêt général qu'à l'intérêt de l'ouvrier. On n'arrivera à une solution qu'en rendant plus conciliants les rapports entre les patrons et les ouvriers.

M. H. COURIOT dit qu'il y a un obstacle qui s'oppose à l'adoption en France des échelles mobiles de salaires. C'est dans les mines, où les frais de main-d'œuvre représentent environ 60 0/0 de la valeur du produit, que l'on peut le mieux se rendre compte des conséquences de son application; il a eu l'occasion d'en faire une étude pour une exploitation minière et a dû renoncer à y recourir par cette raison que l'ouvrier français est habitué à considérer toute augmentation de son salaire comme lui étant définitivement acquise; qu'en un mot, il est toujours prêt à recevoir une augmentation, mais ne veut, en aucune façon, entendre parler de diminution. A l'étranger, il est loin d'en être ainsi : l'ouvrier accepte fréquemment des variations très importantes de son salaire; on a pu voir, en Angleterre et en Allemagne, des réductions de 20, 25 et même de 30 0/0 du salaire être opérées d'une année sur l'autre, sans amener aucune grève.

Ces réductions sont même une cause de grande supériorité pour l'industrie étrangère, car elles donnent, dans les moments difficiles, une grande élasticité au prix de revient. Si on appliquait l'échelle mobile en France, on se heurterait à des résistances et à des difficultés insurmontables. Quand le prix des produits diminuerait, il faudrait en même temps faire décroître les salaires et on n'obtiendra jamais cette concession des ouvriers. Il convient, en effet, de remarquer que depuis un demi-siècle, en ce qui concerne les ouvriers mineurs notamment, leur salaire a toujours augmenté, et cela dans une proportion considérable: il a pu, dans les années de crise, rester stationnaire et exceptionnellement fléchir de quantités inappréciables, mais pour se relever très rapidement plus tard et atteindre aujourd'hui un chiffre double de ce qu'il était il y a cinquante ans.

Ce n'est donc pas du côté de l'échelle mobile des salaires, qui n'a d'ailleurs donné en Angleterre aucun résultat pratique notable, qu'il faut chercher un mode équitable de rémunération du travail ; il convient d'ajouter que son adoption fait varier le salaire avec des circonstances indépendantes de la volonté de l'ouvrier, et que c'est, au contraire, en basant les salaires sur la qualité et la quantité des produits obtenus, fac-

teurs qui influent sur le prix de revient et qui intéressent l'ouvrier à produire dans de bonnes conditions, qu'il faut chercher le système de rémunération le plus favorable à la fois à l'ouvrier et au chef d'industrie. C'est ce qu'a fait ressortir, avec beaucoup de force notre collègue, M. Gibon, dans un rapport qu'il a présenté, il y a deux ans, au nom de notre Société, au Congrès des Sociétés savantes, et c'est ce qui a lieu dans les houillères françaises, où le salaire de l'ouvrier est proportionné : 1° à la production individuelle afin d'arriver par une augmentation de l'effet utile à un abaissement du prix de revient; 2° à la qualité du produit obtenu, en payant, par exemple, la benne de gros plus cher que la benne de menu, ou en faisant subir une retenue sur les bennes des charbons sales, comme d'ailleurs sur les bennes mal remplies, amendes qui sont l'équivalent d'un sursalaire là où elles ne sont pas appliquées. Il est clair que ce mode de rémunération du travail de l'ouvrier est le plus rationnel, car il est basé sur les résultats immédiats qu'il obtient, alors que, si son salaire varie avec le prix de vente auquel il demeure étranger, il peut voir son gain journalier décroître pour des motifs indépendants de sa volonté et de son travail, et diminuer au moment même où il devrait être le plus élevé.

L'importation en France des échelles mobiles ne pourrait donc qu'offrir des dangers sans compensation aucune, et les salaires actuels sont distribués suivant la base la plus équitable et la plus rationnelle, car elle associe l'ouvrier aux résultats de l'entreprise et constitue la véritable forme pratique de participation aux bénéfices qu'elle peut donner.

La séance est levée à dix heures et demie.

Séance du 18 décembre 1891.

PRÉSIDENCE DE M. E. POLONCEAU

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. H. Couriot, trésorier, pour faire, conformément à l'article 16 des statuts, l'exposé de la situation financière de la Société (1).

SITUATION FINANCIÈRE AU 30 NOVEMBRE 1891

Nombre des Sociétaires.

Le nombre des Sociétaires était, au 1er décembre 1890, de. . .	2 294
Du 1er décembre 1890 au 30 novembre 1891, le nombre des admissions a été de 142	142
formant un total de	2 436
dont il faut déduire par suite de décès, démissions et radiations	105
Le total des membres de la Société au 30 novembre 1891, est ainsi de	2 331

Situation de la caisse au 30 novembre 1891.

Le tableau des recettes et dépenses, annexé au compte rendu financier, peut se résumer de la manière suivante :

Le solde en caisse, au 1er décembre 1890, était de . Fr.	18 068,20
Les recettes effectuées du 1er décembre 1890 au 30 novembre 1891 se répartissent ainsi :	
A reporter.	18 068,20

(1) Voir page 629 et suivantes, le *Bilan* et le compte *Recettes* et *Dépenses* ainsi que l'*Etat comparatif* des exercices 1884 à 1891.

Report. 18 068,20

RECETTES

1° Pour le fonds courant :

Cotisations. . . . . Fr.	67 321 »		
Droits d'admission	3 375 »		
Intérêts des valeurs de portefeuille.	6 874,23		
Vente de Bulletins et Mémoires; Abonnements et Annonces . .	6 048,65		
Location des salles de séances .	8 616 »		
Don pour le fonds de secours . .	513 »		
Recettes diverses.	424,64		
	93 172,52	93 172,52	

2° Pour le fonds inaliénable :

Exonérations: MM. Abt, Boivin, Delacourtie, Renaudin, Kister, Carel, Desouches.	4 200 »		
Dons volontaires: M. le baron Sadoine.	500 »		
	4 700 »	4 700 »	
Le total des encaissements s'élève ainsi à . .			97 872,52
et le montant des recettes effectuées au 30 novembre, en y ajoutant l'encaisse au 1er décembre 1890, à . . . Fr.			115 940,72

DÉPENSES

1° Par le fonds courant :

Impressions, planches et croquis.	35 051,55		
Affranchissements et divers. . . .	7 274,18		
Appointements, travaux supplémentaires et chronique. . . .	18 828,85		
Frais de bureau, de sténographie et de séances.	2 764,70		
Prêts et secours	1 022,50		
Prix annuel et Nozo	1 247,15		
Contributions, entretien de l'immeuble, assurances, frais de la cité, chauffage, éclairage, etc. .	10 852,66		
Solde de divers travaux prévus dans l'exercice précédent . . .	2 077,47		
Classement de la bibliothèque, achat de livres, reliure, menuiserie	3 355,60		
Pension de Mme Ve Husquin de Rhéville.	3 000 »		
A reporter. . . . Fr.	85 474,66		115 940,72

Report . . Fr.	85 474,66		115 940,72
Remboursement de bons de l'emprunt.	4 550 »		
Paiement des coupons échus . .	642 »		
Frais exceptionnels, gratifications, souscriptions.	2 554,09		
Frais de recouvrement des cotisations	845,03		
	94 065,78	94 065,78	

2° Par le fonds inaliénable :

Achat pour le fonds inaliénable de 11 obligations du Midi		5 122,57	
Total des sommes employées au 30 novembre 1891.			99 188.35
Le solde en caisse, à la date du 30 novembre 1891, est donc de . . . . . Fr.			16 752,37

Nous vous présentons également le bilan de la Société dressé dans la forme habituelle ; il est arrêté à la date du 30 novembre et se résume comme suit ; à l'actif sont portés :

L'Hôtel de la Société, pour . . . . . Fr.	279 602,20
Notre portefeuille, représenté par 476 obligations du Midi, deux titres de 235 *f* de rente 3 0/0 et 15 obligations de la Compagnie Madrilène du gaz, provenant d'un don fait par un de nos collègues, figurant ensemble pour le prix de	193 174,36
Les espèces en caisse.	16 752,37
La bibliothèque	8 404,65
Nos débiteurs (cotisations arriérées au 30 novembre 1891, après réduction de 50 0/0 environ) et divers.	6 331 »
TOTAL. . . . . Fr.	504 264,58

Au passif figurent :

Nos créanciers (pour impressions, planches, reliure, travaux en cours, réfection du calorifère, etc.) . . . . Fr.	9 325,01
Les prix divers (échus ou en cours) s'élevant à.	7 851,71
Le compte « Fonds de secours »	603,40
Le montant des dons et exonérations restant à consolider .	965,21
Notre emprunt de 75 000 *f*, réduit à ce jour à	37 300 »
Le montant des bons en remboursement	11 850 »
Les coupons restant à payer ou à échoir.	2 950,50
Le capital social s'élevant à	433 418,75
CHIFFRE ÉGAL. . . . . Fr.	504 264,58
L'Avoir de la Société est ainsi à ce jour de	433 418,75
alors qu'il était, le 1er décembre 1890, de.	422 865,80
il a, par suite, augmenté, durant l'exercice, de . . Fr.	10 552,95

Vous aurez remarqué, Messieurs, à la lecture de ces chiffres une augmentation de 11 obligations, soit de 5 122,57 *f*, correspondant à la valeur des titres achetés pour le fonds inaliénable; le montant de nos débiteurs pour cotisations s'est légèrement accru (1 563 *f*). Votre Trésorier ne saurait trop, à cette occasion, faire appel à la bonne volonté de ses collègues pour les inciter à n'apporter aucun retard dans le paiement de leurs cotisations, dont le recouvrement s'opère assez difficilement et entraine des dépenses élevées pour la Société; nos frais d'encaissement ont, en effet, atteint 845,03 *f* pendant l'exercice écoulé.

Nous avons continué à opérer le classement des ouvrages, dessins et plans de notre bibliothèque technologique, par noms d'auteurs, par titres de publications et par généralités. 33 000 fiches, méthodiquement classées, ont été créées à ce jour pour cet objet; il nous reste encore 2 000 à 2 500 fiches à faire pour les ouvrages en langues étrangères, et 1 500 à 1 800 pour les plans et les planches restant à répertorier. Ce travail occasionne une dépense exceptionnelle qui ne tardera pas à prendre fin, mais qui aura donné une réelle valeur aux documents professionnels que renferme notre bibliothèque.

Sept bons de notre emprunt nous ont été abandonnés au cours de l'année, par divers souscripteurs, dont les noms ont déjà figuré dans nos *Bulletins*, mais que je tiens à reproduire dans ce rapport.

Les abandons de bons spontanément consentis par MM. Blazy, Bonpain, Bocquet, Desmarais, A. Dubois, Freund, portent à ce jour au chiffre de 17 450 *f* les dons qui ont été faits sous cette forme à la Société depuis l'émission de notre emprunt; cette somme, grossie de celle de 20 250 *f* que nous remboursons aux souscripteurs, réduit, par suite, de 37 700 *f* l'importance de notre dette qui se trouve ainsi ramenée de 75 000 *f*, chiffre primitif, à 37 300 *f* environ. Notre emprunt a donc diminué de plus de 50 0/0 dans l'espace de deux ans.

A cette occasion, je rappellerai qu'un grand nombre de bons à rembourser sont sortis aux tirages des 20 juin 1890 et 15 juin 1891.

Parmi ces bons, il nous reste encore à rembourser les numéros suivants :

Tirage du 20 juin 1890.

79	280	423	685	769	859	954	1090	1402
85	283	436	687	770	861	962	1098	1408
138	297	441	690	774	862	997	1101	1426
165	311	466	695	780	880	999	1190	1429
176	313	535	703	781	883	1012	1212	1466
206	316	540	724	797	890	1019	1213	1471
208	352	544	725	798	892	1023	1221	1473
215	381	562	726	799	895	1027	1272	1482
217	387	595	727	836	896	1042	1302	
244	390	597	728	848	898	1044	1306	
249	395	642	738	851	907	1050	1307	
253	418	643	740	854	931	1053	1308	
255	421	647	763	855	937	1054	1346	
256	422	652	766	857	953	1082	1365	

Tirage du 15 juin 1891.

46	204	379	541	729	866	1079	1182	1404
47	214	380	550	731	903	1114	1191	1409
48	232	382	607	742	932	1118	1217	1410
77	233	393	611	752	936	1132	1220	1411
105	234	427	617	762	940	1153	1222	1412
108	238	434	633	768	960	1161	1224	1440
109	248	457	635	771	1013	1164	1278	1441
162	279	465	653	772	1028	1169	1290	1463
167	307	501	669	779	1029	1172	1303	1470
170	336	506	693	852	1036	1174	1352	1475
177	339	524	707	853	1055	1180	1401	1485

Nos collègues, porteurs de ces Bons, peuvent en réclamer le montant à la caisse de la Société. Il en est de même des coupons échus ou à échoir qui figurent à notre passif pour près de 3 000 *f* et que nous tenons à la disposition des souscripteurs de nos Bons.

Aucune modification n'est survenue dans la situation des legs faits à notre Société par M^me^ veuve Fusco et par notre ancien collègue, M. A. Meyer; nous aurons soin de vous tenir au courant des suites qui pourront y être données.

En résumé, Messieurs, l'exercice dont je viens de vous présenter les comptes accuse une bonne situation financière; malgré quelques dépenses exceptionnelles, telles que le classement de notre bibliothèque et la réfection partielle du calorifère de notre hôtel, nous avons pu, rien que par nos économies, — l'exercice n'ayant profité d'aucun don ou legs important, — augmenter notre avoir d'une somme de 10 552,95 *f* et arriver à réduire, en deux années, de 50 0/0 l'importance de notre emprunt. Sur ce dernier, il nous reste, comme je vous le disais tout à l'heure, 37 300 *f* de titres à amortir. Eu égard à notre bonne situation financière, votre Comité, sur la proposition du Trésorier de la Société, a décidé de rembourser intégralement, à partir du 1^er^ juillet prochain, la somme de 37 300 *f* qui reste due aux souscripteurs de 1889. Nous sommes largement en mesure de nous acquitter de notre dette avec les ressources dont nous disposons, la parité des intérêts que nous touchons sur nos valeurs de portefeuille ou que nous servons aux souscripteurs de nos bons justifie suffisamment cette opération qui mettra fin à l'emprunt que nous avons contracté en 1889 pour faire à nos collègues étrangers une réception véritablement digne d'eux, digne de notre pays qui leur offrait l'hospitalité, digne enfin de la Société des Ingénieurs civils, qui s'est prodiguée pour leur faire connaître et apprécier le génie scientifique et industriel de la France !

Il nous suffira de vendre 80 obligations du Midi, dépendant de notre fonds courant, pour être en mesure de faire face au remboursement complet et anticipé de notre emprunt, et pour mettre fin au service de coupons qu'il entraîne, tout en réalisant un bénéfice de près de 8 000 *f*, grâce à la plus-value importante qu'ont acquise nos obligations depuis leur entrée en portefeuille.

Je ne veux pas clore ce rapport sans reporter sur M. de Dax, notre Agent général, une bonne partie des excellents résultats qu'il relate et sans le remercier de l'utile et dévoué concours qu'il n'a cessé de donner à la Société et à son Trésorier pendant l'exercice écoulé. *(Applaudissements.)*

BILAN AU 30 NOVEMBRE 1891

ACTIF

Immeuble :		
a. Terrains et frais . . . . . Fr.	86 223,90	
b. Constructions et frais	150 814,65	
c. Mobilier et frais d'installation	42 563,65	
		279 602,20
Fonds inaliénable :		
a. Fonds social, 111 obligations du Midi	46 217,72	
b. Legs Nozo 19 » »	6 000 »	
c. Legs Giffard 131 » »	50 372,05	
d. Don Michel Alcan 1 titre de rente 3 0/0. . .	3 730 »	
e. Legs Coignet » » . . .	4 285 »	
f. Don Couvreux 12 obligations du Midi. . . .	4 857,75	
g. Don anonyme	6 750 »	
		122 212,52
Fonds courant :		
204 Obligations du Midi.		70 961,84
Caisse :		
Solde disponible		16 752,37
Bibliothèque :		
Reliures, corps de bibliothèque		8 404,65
Divers :		
a. Débiteurs divers.	281 »	
b. Cotisations 1890 et années antérieures (après réduction de 50 0/0).	1 850 »	
c. Cotisations 1891 après réduction d'évaluation de 50 0/0	4 200 »	
		6 331 »
	Fr.	504 264,58

PASSIF

Créditeurs divers :		
Impressions, planches et croquis, divers travaux en cours, évalués à. . . . . Fr.	7 825,01	
Réfection du calorifère (restant dû)	1 500 »	
		9 325,01
Prix divers 1891 et suivants :		
a. Prix annuel	400 »	
b. Prix Nozo	283,80	
c. Prix Giffard 1893 et rappel 1890.	6 278,74	
d. Prix Michel Alcan.	327,50	
e. Prix Coignet	412,50	
f. Prix Couvreux	149,17	
		7 851,71
Fonds de secours.		603,40
Valeurs à consolider :		
Somme à porter au Fonds inaliénable, après remploi . . .		965,21
Emprunt 75 000 : Bons remboursés et amortis. . . . *8 400* »		
Id. abandonnés sans affectation. . . *12 800* »		
Id. abandonnés en vue de la reconstruction de l'Hôtel. *4 650* »	*17 450* »	
Id. en remboursement	11 850 »	
Restant dus	37 300 »	
		49 150 »
Coupons restant à payer sur 1890.	945 »	
— — sur 1891.	886 50	
— — sur 1892 (à échoir).	1 119 »	
		2 950,50
Profits et pertes :		
Avoir réel de la Société		433 418,75
	Fr.	504 264,58

COMPTE DES RECETTES ET DÉPENSES
1891

RECETTES

En caisse au 1er décembre 1890			Fr. 18 068,20
1° Pour le fonds courant:			
Cotisations	Fr. 67 321 »		
Droits d'admission	3 375 »		
Intérêts des valeurs de portefeuille	6 874,23		
Ventes de bulletins et mémoires; abonnements et annonces	6 048,65		
Location des salles de séances	8 616 »		
Pour fonds de secours	513 »		
Recettes diverses	424,64		
		93 172,52	
2° Pour le fonds inaliénable :			
Exonérations	Fr. 4 200 »		
Dons volontaires (M. le baron Sadoine)	500 »		
		4 700 »	
			97 872,52
		Fr.	115 940,72

DÉPENSES

1° Par le fonds courant :			
Impressions, planches et croquis	Fr. 35 051,55		
Affranchissements divers	7 274,18		
Appointements, travaux supplémentaires, chronique	18 828,85		
Frais de bureau, de sténographie et de séances	2 764,70		
Prêts et secours	1 022,50		
Prix divers, annuel et Nozo	1 247,15		
Contributions, entretien de l'immeuble, frais de la cité, éclairage, chauffage, assurances, etc.	10 852,66		
Solde de travaux prévus dans le dernier exercice	2 077,47		
Classement de la bibliothèque, livres, reliure, menuiserie, etc.	3 355,60		
Pension de Mme veuve Husquin de Rhéville	3 000 »		
Remboursement des Bons de l'emprunt	4 550 »		
Paiement des coupons échus	642 »		
Frais exceptionnels, gratifications, souscriptions, etc.	2 554,09		
Frais de recouvrement des cotisations	845,03		
		94 065,78	
2° Par le fonds inaliénable			
Achat de 11 obligations du Midi pour le fonds inaliénable		5 122,57	
			99 188,35
Solde en caisse au 30 novembre 1891			16 752,37
			Fr. 115 940,72

ÉTAT COMPARATIF DES EXERCICES DE 1884 A 1891

INDICATIONS	19 DÉCEMBRE 1884	18 DÉCEMBRE 1885	17 DÉCEMBRE 1886	16 DÉCEMBRE 1887	10 DÉCEMBRE 1888	30 NOVEMBRE 1889	30 NOVEMBRE 1890	30 NOVEMBRE 1891
Nombre de Membres...	2 068	2 081	2 119	2 155	2 198	2 274	2 294	2 331
Membres admis pendant l'Exercice.....	98	102	99	77	114	142	105	142
Membres par catégories. honoraires.....	»	»	»	»	15	19	25	23
Membres par catégories. sociétaires.....	»	»	»	»	1 999	2 065	2 081	2 128
Membres par catégories. associés.....	»	»	»	»	184	190	188	180
Membres par catégories. exemptés.....	11	17	12	15	25	21	11	14
Membres par catégories. décédés.....	34	31	31	27	37	41	38	50
Membres par catégories. démissionnaires .	11	10	11	14	19	10	27	15
Membres par catégories. rayés.....	22	48	19	»	29	14	20	40
Membres par catégories. exonérés à 600 fr.	5	11	11	10	15	7	7	7
Legs et fondations....	1 legs à recevoir	2 legs à recevoir	Giffard / Bieber 50 887,50	»	1 legs à recevoir	Coignet 4 285 »	Couvreux 5 000 » / Anonyme 6 750 »	»
Dons volontaires	673 »	1 799,75	2 200 »	424 »	7 016 »	5 575 »	100 »	500 »
Entrées de caisse de l'Exercice .	82 585,84	91 995,79	137 669,75	83 050,33	114 168,86	182 235,17	113 163,20	115 940,72
Sorties de caisse, y compris achat d'obligations, de l'Exercice..	80 232,60	79 262,09	104 983,07	83 226,71	118 612,67	166 139,41	117 025,60	99 188,35
Sommes réservées. Prix de la Société.	300 »	300 »	300 »	300 »	300 »	300 »	424,80	400 »
Sommes réservées. Prix Nozo.....	»	138 »	276+138 »	829,32	1 105,76	863,18	829,20	283,30
Sommes réservées. Prix Giffard	»	»	2 680 »	4 586 »	2 857,86	3 435,24	5 027,14	6 278,74
Sommes réservées. Prix Michel Alcan	»	»	»	»	250 »	50 »	192,50	327,50
Sommes réservées. Prix Coignet....	»	»	»	»	»	»	262,50	412,50
Sommes réservées. Prix Couvreux..	»	»	»	»	»	»	»	149,17
Sommes réservées. Secours (legs Giffard)	»	»	»	485 »	1 120 »	522,04	302,47	603,40
Achat d'Oblig. du Midi.	»	10 358,28	50 372,05	9 066,45	17 727,10	9 556,40	8 557,75	5 122,51
Achat d'un titre de 100 fr rente 3 %.....	»	»	»	»	2 775 »	»	»	»
Sommes restant en caisse	10 371,55	12 105,25	20 001,43	19 835,05	15 391,24	21 930,60	18 068,20	16 752,37
Sommes restant à encaisser....	18 064 »	14 824 »	18 773 »	19 828 »	14 403 »	7 881 »	5 668 »	6 331 »
Emprunt.....	»	»	»	»	»	75 000 »	75 000 »	75 000 »
Amort. d'oblig. sociales.	5 500 »	6 000 »	7 000 »	1 000 »	»	500 »	21 150 »	37 700 »
Avoir de la Société....	368 832,99	385 566,69	425 591,42	434 981,49	451 045,78	398 949,01	422 865,80	433 418,75

M. LE PRÉSIDENT met aux voix l'approbation des comptes qui viennent d'être présentés.

Ces comptes sont approuvés à l'unanimité.

M. LE PRÉSIDENT demande à l'Assemblée de voter des remerciements à son Trésorier M. H. Couriot pour le soin et le très grand dévouement qu'il apporte à ses fonctions.

Ces remerciements sont votés par *acclamation*.

Il est ensuite procédé au vote pour l'élection des membres du Bureau et du Comité pour l'année 1892.

Ces élections ont donné les résultats suivants :

BUREAU

Président : M. P. BUQUET.

Vice-Présidents :	*Secrétaires :*
MM. P. JOUSSELIN.	MM. E. BERT.
E. LEVEL.	G. CERBELAUD.
CH. HERSCHER.	E. GRUNER.
J. CHARTON.	E. COIGNET.

Trésorier : M. H. COURIOT.

COMITÉ

MM. E. LIPPMANN.	MM. A. LENCAUCHEZ.
A. MALLET.	J.-B. DU BOUSQUET.
G. CANET.	L. REY.
L. APPERT.	A. HALLOPEAU.
E. RICHEMOND.	J. FLEURY.
M. DE NANSOUTY.	A. MOREAU.
G. RICHARD.	P. BODIN.
E. BERTRAND DE FONVIOLANT.	J. MORANDIÈRE.
H. FOREST.	L. DEHARME.
J. CARIMANTRAND.	H. VALLOT.

DATES DES SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ POUR 1892

Par suite de la coïncidence du Premier de l'An, du Vendredi-Saint et du 14 Juillet, avec les dates de nos réunions, les séances correspondantes (*) ont été reculées de huit jours, et auront lieu conformément au tableau ci-dessous :

JANVIER	FÉVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN
*8	5	4	1	6	3
*22	19	18	*22	20	17
JUILLET	**AOUT**	**SEPTEMBRE**	**OCTOBRE**	**NOVEMBRE**	**DÉCEMBRE**
1	5	VACANCES	7	4	2
*22	VACANCES		21	18	16

LES ÉCHELLES MOBILES DES SALAIRES

DE L'ANGLETERRE

PAR

M. Georges SALOMON

Un certain nombre de mines et d'usines métallurgiques de l'Angleterre ont adopté, depuis tantôt vingt années, sous le nom d'*Échelle mobile* (Sliding Scale), un système de fixation des salaires en vertu duquel le salaire de l'ouvrier croît ou décroît d'une manière déterminée avec le prix de vente net du produit de son travail.

Ce système, également employé aux États-Unis, a été préconisé par les esprits les plus judicieux.

A plusieurs reprises, M. Paul Leroy-Beaulieu en a recommandé l'essai dans certaines industries; dernièrement, M. Block, de l'Institut, déclarait « l'idée si belle, si rationnelle en ce qu'elle fait ressortir plus clairement la règle de la distribution et notamment la part proportionnelle du travail qu'il vaudrait la peine de lui consacrer beaucoup de méditation et beaucoup d'efforts (1) ». Deux économistes anglais, MM. Munro et Price, ont précisément suivi, avec la plus grande attention, l'importante expérience entreprise dans leur pays (2); après eux, nous relaterons ses principales phases pour conclure, avec des faits, contre le système de l'échelle mobile des salaires.

I. — Nature et emplois de l'échelle mobile.

Les échelles mobiles de l'Angleterre règlent les salaires des

(1) *Journal des Economistes*, janvier 1891, p. 48.

(2) J. E. C. Munro. — Sliding Scales in the coal industry, London 1885.
— Sliding Scales on the iron industry, London 1886.
— Sliding Scales in the coal and iron industries, from 1885 to 1889, London.
L. L. Price. — Industrial peace, London 1887.
— The position and prospects of industrial conciliation. Journal of the Royal Statistical Society. September 1890, London.

ouvriers de plusieurs établissements d'une même industrie dans une certaine région. Elles admettent à l'ordinaire, à titre de base, un prix de vente moyen et net du produit, le *prix de vente étalon* (Standard price) et un *salaire étalon* correspondant (Standard wage) ; une variation déterminée du premier entraîne une variation déterminée du second. Les prix et les salaires pourraient dès lors être représentés par deux progressions arithmétiques ascendantes et descendantes autour des prix et salaires étalons, avec raisons égales aux variations adoptées. Le prix de vente d'où découle le salaire est établi à époques fixes, d'après l'examen des livres d'un certain nombre d'établissements, par des représentants des patrons et des ouvriers.

L'échelle mobile est donc un système de *participation aux prix de vente* et non un *système de participation aux bénéfices*. En effet, dans le cas où la hausse du prix de vente du produit est égale ou inférieure à la hausse correspondante du prix des principales matières premières nécessaires à sa fabrication, par exemple, le patron ne gagne pas davantage, gagne moins ou peut perdre et, sous le régime de l'échelle, l'ouvrier reçoit un supplément de salaire. Au contraire, l'ouvrier est seul atteint en cas d'une baisse du prix de vente égale ou inférieure à la baisse du prix des matières premières.

Pour remédier à cette situation, il faudrait que les salaires variassent, à la fois, avec le prix de vente du produit et le prix d'achat des matières premières, ce qui nécessiterait de joindre au contrôle déjà effectué sur la vente par les ouvriers, un contrôle portant sur les achats. Intéressés aux prix de vente, les ouvriers se sont parfois élevés contre des marchés qu'ils estimaient contraires à leurs intérêts ; intéressés aux prix d'achat, ils ne tarderaient pas à émettre des exigences intolérables. Les échelles ne conviennent donc guère dans les industries où le prix des matières premières entrant dans le produit exerce une influence appréciable sur le prix de vente, par exemple, dans les fabriques de fer et d'acier où elles existent, cependant, en Angleterre. Elles s'adaptent mieux dans les industries où la part de la main-d'œuvre, dans le prix de revient, est prépondérante et facile à évaluer, dans les mines en particulier. Mais il ne suffit pas que la main-d'œuvre soit l'élément essentiel du prix de revient, il faut qu'elle s'incarne d'une façon quelconque dans le produit : ainsi, on ne peut payer, d'après le prix de la tonne de houille ou du quintal de blé, le manœuvre qui décharge la houille ou le blé d'un wagon ou d'un

bateau. De même, il ne convient pas que le prix de la main-d'œuvre soit fonction d'un certain nombre de qualités du produit.

II. — Conventions. — Durée.

La création des échelles est généralement décidée dans des assemblées de représentants des associations patronales et ouvrières. Une fois d'accord sur les principes qui doivent présider à leur établissement, un nombre égal de délégués des patrons et des ouvriers les stipulent en une convention spéciale. Si l'accord ne s'établit pas, il vaut mieux recourir à tout autre mode de salaire. L'échelle créée en 1887 par les exploitants des houillères du Lanarkshire, sans l'assentiment de leurs ouvriers, a été la cause de différends incessants.

Dans certains cas, faute d'entente, les parties contractantes conviennent de s'en rapporter à la décision d'un arbitre.

Dans le nord de l'Angleterre, le Conseil de conciliation et d'arbitrage (*Board of conciliation and arbitration for the Manufactured Iron and Steel Trade of the North of England*), qui fonctionne avec succès depuis 1869, a établi, depuis 1872, cinq échelles mobiles, séparées l'une de l'autre par des intervalles parfois assez longs. La troisième de ces échelles fut établie en 1880, sur l'intervention d'un arbitre appelé à fixer le prix de base ; elle disparut en 1882, à la suite d'une grève. Les ouvriers prétendaient que la base adoptée par l'arbitre n'était pas équitable, qu'ils l'avaient acceptée en raison seulement de l'augmentation immédiate de salaire qu'elle leur avait procurée.

La plupart des conventions assignent aux échelles une durée de deux ou d'une année. Si, au bout de ce délai, l'une ou l'autre des parties désire résilier ou suspendre le fonctionnement pour obtenir des modifications, elle doit en donner avis, tantôt verbal, tantôt écrit, un, trois ou six mois à l'avance. D'autres fois, il est simplement entendu que l'échelle durera aussi longtemps que l'une des parties n'en demandera pas la cessation ou la suspension un, trois ou six mois à l'avance.

Les premières conventions assignaient la plus longue durée, ne prévoyaient pas de dislocation à courte échéance. Leurs auteurs estimaient que l'échelle ayant précisément pour objet de donner la stabilité aux salaires, on la devait remanier le moins souvent possible. Les ouvriers appuyés par les *Trades-Unions* déclarèrent que l'on aliénait ainsi leur liberté. On a réduit successivement la

durée, en vue de les satisfaire, mais c'était parfaitement inutile. Les ouvriers, comme les patrons du reste, rompent leurs engagements dès qu'ils les gênent, avec la plus grande désinvolture. La plupart des échelles sont tombées avant l'heure.

Ces engagements n'ont qu'une valeur morale et tirent toute leur force de l'autorité de ceux qui compromettent. Plus les associations ouvrières seront fortes, bien organisées, mieux vaudront les engagements pris par leurs délégués. C'est ainsi que les syndicats professionnels et les *Trades-Unions* peuvent également cimenter la paix ou fomenter la discorde.

Le district du Cleveland possède deux échelles: celle des mines de fer fonctionne sans grands changements et sans discontinuité depuis 1879 ; celle des hauts fourneaux, établie à la même époque, a subi un arrêt de deux années au cours de son existence. Ces échelles et celle du Cumberland, qui date de 1872, sont les plus stables de l'Angleterre. Or, elles ont été établies ou renouvelées, les unes et les autres, par les associations d'ouvriers mineurs. Par contre, toute médaille a son revers; ce serait, paraît-il, à l'instigation de la fédération nationale des mineurs, pour des raisons en partie étrangères au travail même, que les associations des ouvriers mineurs du Durham et du Northumberland auraient jeté leurs échelles par-dessus bord !

III. — Fixation du prix étalon (Standard price) du salaire étalon (Standard wage) et des variations correspondantes de prix et de salaires.

Le prix étalon qui sert de régulateur, de base, est généralement le prix de vente moyen et net du produit au moment où l'échelle se conclut. Par prix net, on entend le prix courant sous déduction des frais de transport, d'assurance, escompte, commission, etc.

Dans les houillères, le prix étalon est le prix de la tonne, soit sur le carreau de la mine, soit rendu franco bord aux ports d'embarquement ou sur wagon.

Dans les mines de fer, ainsi que dans les hauts fourneaux du Cleveland, le prix étalon ne porte pas sur le minerai ; c'est le prix de la tonne de fonte et même d'une qualité spéciale, la fonte Cleveland n° 3 *(n° 3 Cleveland Pig Iron)*.

Cette fonte a été choisie parce que son prix correspond d'une façon suffisante au prix moyen de l'ensemble des qualités produites.

Le prix étalon une fois adopté est rarement modifié. A ce prix correspond, comme salaire étalon, le salaire moyen payé dans la région aux diverses catégories d'ouvriers, selon les conditions de leur travail, soit au moment de l'établissement de l'échelle, soit dans une période antérieure.

Il est plus délicat de s'entendre sur les variations correspondantes de prix et de salaires, sur la raison de chacune des progressions arithmétiques formant l'échelle proprement dite.

L'échelle parfaite est l'échelle la plus sensible, c'est-à-dire celle dans laquelle la plus minime variation du prix influe d'une façon appréciable sur le salaire. Aussi, depuis la fondation de la plupart des échelles, on n'a pas cessé de réduire l'amplitude des variations.

La première échelle des mineurs du Cleveland établissait que toute variation de 2 sh. du prix de la tonne de fonte Cleveland n° 3 entraînait une variation de salaire de 1/4 d. D'après celles de 1881, corroborée par les suivantes, toute variation de prix de 0,96 d. et, dans certains cas de 0,48 d. entraine une variation du salaire de 0,01 d. De même, pour l'échelle des hauts fourneaux, la variation du prix a été successivement abaissée de 2 sh. en 1879 à 1 sh. en 1882 et 2,40 d. en 1887; toute variation de 2,40 d. modifiant le salaire de 0,25 0/0.

Pour rendre ces combinaisons explicites aux plus simples, on dresse à l'ordinaire un tableau des progressions de prix et de salaires.

L'échelle des charbonnages du South Staffordshire, qui s'est greffée en 1888, après cinq années d'interrègne, sur celle qui avait péniblement marché de 1882 à 1883, fait varier le salaire journalier. Toute variation de 2 d. du prix de la tonne de charbon gras entraine une variation du salaire des mineurs de 1 d. par jour et, à toute variation de salaire journalier de 2 d. des mineurs abattant le charbon gras, correspond une variation de 1 1/2 d. pour les mineurs abattant le maigre.

Aux houillères du South Wales, où l'échelle, créée en 1872, eut une marche régulière jusqu'à ces derniers temps, une variation de prix de 1 1/2 d. entraine actuellement une variation de salaire de 1 1/4 0/0. Dans l'échelle précédente, ces chiffres étaient respectivement de 4 d. et 2 1/2 0/0.

En vertu de cette échelle, les augmentations et les réductions de salaires sur les salaires étalons, c'est-à-dire sur les salaires payés en décembre 1879, ont été les suivantes :

ANNÉES	MOIS	AUGMENTATION	RÉDUCTION	VARIATION des SALAIRES
		0/0	0/0	0/0
1880.	1er février	»	»	+ 5
1881.	1er juillet.	2 1/2	»	+ 7 1/2
—	1er novembre.	2 1/2	»	+ 10
1882.	1er juin	5	»	+ 15
—	1er novembre.	2 1/2	»	+ 17 1/2
1885.	1er mars.	»	2 1/2	+ 15
—	1er février	»	2 1/2	+ 12 1/2
—	1er novembre.	»	2 1/2	+ 10
1886.	1er mars.	»	2 1/2	+ 7 1/2
—	1er novembre.	»	2 1/2	+ 5
1887.	1er mars.	»	2 1/2	+ 2 1/2
1888.	1er novembre.	5	»	+ 7 1/2
1889.	1er avril.	7 1/2	»	+ 15
—	1er mai.	2 1/2	»	+ 17 1/2
—	1er septembre	5	»	+ 22 1/2
—	1er octobre.	2 1/2	»	+ 25
1889.	1er janvier.	7 1/2	»	+ 32 1/2

Dans quelques échelles, quand le prix de vente dépasse une certaine limite au-dessus du prix étalon, le salaire ne croît plus dans une proportion aussi forte qu'auparavant et, parfois, on lui fixe un maximum, de même, à un certain niveau au-dessous du prix étalon, la variation de salaire est atténuée et l'on fixe un minimum. Ces conditions sont absolument contraires au principe, à l'essence même de l'échelle mobile, comme aux lois inéluctables de la concurrence.

Dans les forges du nord de l'Angleterre et celles du South Staffordshire, on ne fixe pas de prix et salaires étalons. Les salaires des puddleurs sont réglés à raison de 1 shilling par livre sterling du prix de vente de la tonne impériale (2 240 livres) de rails, tôles, barres ou cornières avec un supplément déterminé. Si, par exemple, les prix de vente nets varient de 6 l. st. à 6 l. 5 sh. 8 d. et si le supplément est fixé à 2 sh., les salaires des puddleurs varieront de 8 sh. à 8 sh. 3 d.

D'autre part, à toute variation de prix de 5 sh. entraînant une variation du salaire des puddleurs de 3 d., correspond, pour les autres ouvriers, une variation du salaire de 2 1/2 0/0.

Les prix et les salaires, dans les forges du nord de l'Angleterre, ont varié ainsi qu'il suit depuis 1882 :

	PRIX	SALAIRES	
	£ sh. d.	sh. d.	
23 novembre 1882	6 8 6,49	7 9	Sentence arbitrale de sir J.-W Pease.
31 août 1883.	6 2 4,08	7 0	Echelle mobile de 1883.
24 janvier 1884.	5 17 11,34	7 0	Sentence arbitrale du Dr R. Spence Watson.
18 avril 1884.	5 13 7,20	6 9	» »
9 juin 1884	5 8 11,41	6 6	Décision du Conseil de conciliation et d'arbitrage.
1er décembre 1884	5 1 8,57	6 6	Sentence du Dr R. Spence Watson.
28 octobre 1885	4 17 7,75	6 3	» »
28 novembre 1888	4 16 0,29	6 9	» »
28 janvier 1889.	4 16 0,29	7 0	Décision du Conseil de conciliation et d'arbitrage.

En vertu de l'échelle de 1889 qui a adopté un supplément de 2 sh., les prix et les salaires ont varié de la manière suivante :

PÉRIODES DE DÉTERMINATION	PRIX DE VENTE moyen et net	EFFET sur LES SALAIRES	SALAIRES des PUDDLEURS
	£ sh. d.	Augmentation.	sh. d.
Deux mois finissant le 30 juin 1889. . .	5 7 8,18	5 0/0	7 6
— — le 31 août 1889. . .	5 11 7,09	»	7 6
— — le 31 octobre 1889 .	5 15 5,79	2 1/2 0/0	7 9
— — le 31 décembre 1889	6 1 4,06	2 1/2 0/0	8 0
— — le 28 février 1890. .	1 12 2,39	5 0/0	8 6
— — le 30 avril 1890. . .	6 16 5,73	2 1/2 0/0	8 9

Dans le système usité dans le nord de l'Angleterre, une fois d'accord sur les conditions d'établissement du prix moyen, tout est de s'entendre sur le taux du supplément. Ce fut précisément pour fixer celui-ci que l'on dut recourir à un arbitrage en 1880.

D'après l'échelle établie en 1889 dans les forges et laminoirs du South Staffordshire, le supplément est de 1 sh. 9 d.

Quel que soit le procédé adopté, il est extrêmement difficile d'établir à l'avance la progression donnant à un moment quelconque un taux de salaire en harmonie avec les conditions des marchés du travail et des produits. Le salaire est trop mobile, trop ondoyant pour l'endiguer ainsi. Tel n'est pas le cas pour les redevances ou *royalties* à payer aux propriétaires par les exploitants de mines. Là, l'échelle mobile peut réussir. Tout dernièrement, elle a été adoptée dans certaines houillères du South Wales et du Monmouthshire : la redevance y varie, en général, du dixième

au douzième environ du prix de vente de la tonne de charbon sur le carreau de la mine, avec fixation d'un minimum de 6 d.

Ne nous attardons pas à parler *royalties* et pour revenir à notre sujet, montrons par des exemples la difficulté d'accorder les échelles à la situation.

Après de longs essais, on a renoncé aux échelles dans le Durham et le Northumberland. Or, ainsi que le fait remarquer M. Munro, d'après les prix moyens et nets du charbon pendant les deux derniers trimestres de 1889, les salaires du Durham auraient augmenté de 5 et 3 3/4 0/0 en vertu de l'échelle, tandis que les arrangements amiables les ont accrus successivement de 10 0/0. De même, là où l'échelle du Northumberland n'aurait procuré que, 1/4 et 3 0/0 d'augmentation, les arrangements de gré à gré ont donné 5 et 10 0/0.

Dans ces deux cas, l'échelle aurait fonctionné au détriment des ouvriers. D'autres fois, comme en septembre 1889, dans le Lanarkshire, le désavantage est pour les patrons. Le résultat est le même : l'échelle est abandonnée par la partie lésée; les ouvriers n'admettent que difficilement les réductions de salaires. Pour empêcher l'abandon de l'échelle, on doit souvent la faire aller au pouce, effectuer des retouches. Dans les laminoirs et forges du South Staffordshire, il faut s'occuper sans cesse d'établir l'équilibre avec le taux des salaires du nord de l'Angleterre. En décembre 1888, dans le Cumberland, le salaire fut relevé de 5 0/0, alors que, d'après le prix du charbon, l'échelle entrainait seulement une augmentation de 3 3/4. L'échelle capable de satisfaire à tout moment d'une manière équitable les intérêts des patrons et des ouvriers n'est pas encore trouvée!

IV. — De la détermination du prix de vente moyen et net.

Les conventions stipulent à l'ordinaire le nombre des déterminations périodiques du prix de vente moyen et net et les conditions de ces déterminations. On évite ainsi des modifications et, partant, des contestations incessantes.

On fixa, dans les premières échelles, des périodes de six mois; on adopta ensuite trois mois; aujourd'hui, trouvant cette durée encore trop longue, on est descendu à deux mois dans le nord de l'Angleterre, le South Staffordshire et autres régions, puis à un mois d'abord, quinze jours ensuite, dans le Lanarkshire. Les ex-

ploitants des houillères de ce dernier district ont adopté finalement cette courte durée, parce que leurs ouvriers s'insurgeaient aussitôt que les salaires ne montaient pas avec la même rapidité que dans certains districts de l'Écosse.

L'échelle mobile, son nom l'indique, son but l'implique, doit opérer avec la plus grande célérité, répercuter presque immédiatement sur le salaire les variations de prix les plus minimes.

La répercussion immédiate, la répercussion journalière serait impraticable : il faudrait chaque jour présenter la comptabilité de l'établissement aux délégués et traduire en salaires d'imperceptibles variations de prix. Au contraire, une répercussion à longue échéance offre nombre d'avantages. Elle n'a pas pour seul effet de simplifier la conduite de l'échelle, de procurer des moyennes plus exactes, elle permet au patron de prévoir son prix de revient et, par suite, de passer avec quelque sécurité des contrats de vente, elle régularise la courbe des salaires : les fluctuations incessantes de salaires nuisent à l'ouvrier qui dépense toujours ce qu'il reçoit sans songer aux mauvais jours. Pour obtenir ces avantages, il faut imposer pendant trois ou six mois, par exemple, les salaires résultant des prix de vente du trimestre ou du semestre précédent : c'est ce que les ouvriers n'ont pas admis, et c'est pourquoi les échelles n'ont procuré la stabilité ni au marché du travail ni à celui des produits.

Le prix moyen et net est généralement déterminé par deux comptables choisis, l'un par les patrons, l'autre par les ouvriers, et rémunérés respectivement par les uns et les autres. Tous les établissements affiliés à l'échelle ou seulement, parfois, un certain nombre d'entre eux désignés à l'avance, d'un commun accord, doivent tenir leur comptabilité à la disposition du comptable. Les comptables s'engagent par écrit ou verbalement à ne rien divulguer des renseignements qui leur sont communiqués ; leur tâche accomplie, ils transmettent le résultat aux patrons et aux ouvriers, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un Comité mixte dont nous parlerons ultérieurement.

Pour mieux faire comprendre les inconvénients du contrôle, nous résumerons ici, à titre d'exemple, les conditions insérées dans la convention de l'échelle des forges et aciéries de South Staffordshire de 1889.

Les patrons et les ouvriers choisissent chacun, dans ce district, six établissements dont la comptabilité doit être examinée.

Les comptables désignés par les deux parties doivent détermi-

ner, tous les deux mois, les quantités et le prix de vente moyen et net, non de tous les fers produits par les douze établissements, mais seulement d'un certain nombre de variétés. Chacun de ces établissements est tenu de posséder, en sus des livres ordinaires de comptabilité, des feuilles ou des livres spéciaux relatant les quantités vendues, les prix de vente et les frais divers tels que transports par voie ferrée, fret, assurance, escompte d'usage de 2 1/2 0/0 sur les paiements, commissions, etc. A l'aide de cette comptabilité spéciale dont les comptables peuvent contrôler l'exactitude par l'examen de la comptabilité générale, il est facile d'établir le prix net moyen. Les comptables doivent transmettre aux secrétaires des associations de patrons et des associations ouvrières, une semaine au moins avant la fixation des salaires, des certificats dûment signés relatant le résultat de leur examen.

Dans le nord de l'Angleterre, c'est le Conseil de conciliation et d'arbitrage qui détermine tous les deux mois les quantités vendues et le prix moyen net de la tonne de rails, tôles, barres et cornières. Ce Conseil est, on le sait, formé par les délégués des établissement affiliés, à raison de deux par établissement, l'un désigné par les propriétaires, l'autre par les ouvriers. Le comptable du Conseil se fait montrer par les affiliés tous livres et factures qui lui sont nécessaires. Il relate les résultats de son examen sur un certificat auquel est donnée toute publicité.

En 1874, pour uniformiser le taux des salaires dans le Nord et le Derbyshire, on établit l'échelle dite de Derby en vertu de laquelle le prix de vente moyen devait être la moyenne des prix de vente nets des fabriques du Nord et de douze fabriques déterminées du Derbyshire. Cette échelle n'a d'ailleurs pas fonctionné une année.

Dans le Cleveland la détermination du prix moyen est relativement plus facile du fait qu'elle porte, nous l'avons dit, sur un seul type, la fonte Cleveland n° 3.

Dans les charbonnages, les conventions stipulent, à l'ordinaire, que le prix moyen devra être établi, au commencement de chaque période de détermination, en divisant la somme nette reçue pendant toute la durée de la période de détermination précédente par la quantité totale de charbon vendu pendant ladite période.

Le charbon en stock ou livré pour d'autres usages que ceux de la mine est ajouté aux quantités vendues et tarifé au prix moyen des charbons de même qualité.

L'échelle du South Wales stipule que le prix adopté est le prix moyen du charbon gros rendu *franco* à bord, aux ports d'embarquement de Cardiff, Newport, Swansea et Barry. Dès lors, pour le charbon vendu sur wagon ou autrement, sur le carreau de la mine, il faut ajouter, au prix de vente, le coût du transport au port ordinaire d'embarquement.

Quel que soit le mode de détermination adopté, il résulte de l'emploi des prix moyens de vente dans une région, que les établissements vendant aux prix le plus élevés donnent des salaires moindres que ceux qu'entraînerait pour eux seuls l'emploi de l'échelle, tandis que les établissements moins favorisés donnent, au contraire, des salaires supérieurs à ceux qu'ils devraient donner, mais l'inconvénient primordial de ces déterminations vient du contrôle. En Angleterre, les mœurs et les lois prédisposent mieux que chez nous à le subir, notamment dans les mines où les lois du 10 août 1872 et du 25 juin 1886 imposent aux exploitants les *contrôleurs du pesage* et des inspecteurs des travaux désignés par les ouvriers. Or, les exploitants de mines anglais, eux-mêmes, commencent à trouver pesant le contrôle des échelles actuelles. Tous les efforts devraient tendre à l'alléger. Dans ce but, on pourrait prendre, comme base, le *prix de vente courant* au lieu du *prix net*. Pour des produits tels que la houille et les métaux dont les prix sont établis sur les marchés commerciaux de l'Angleterre, puis transmis par des cotes ou mercuriales, l'adoption du prix courant dispenserait pour ainsi dire de tout contrôle.

Dans le South Wales, c'est un Comité mixte qui est chargé de fixer le montant des frais à déduire du prix brut pour l'obtention du prix net.

Lors de l'établissement des dernières conventions dans cette région, les ouvriers demandaient qu'on ne fît pas entrer en compte, pour la fixation des salaires, les prix de vente résultant de contrats passés pour une durée excédant six mois. Ils observaient que les longs contrats sont conclus, en général, dans des moments de dépression, quand les prix et les salaires sont au plus bas; ils n'ont jamais voulu comprendre que les patrons leur assuraient l'avenir. Après de longs pourparlers, il fut alors entendu, à titre provisoire, que tout contrat de plus de douze mois entrerait seulement en compte pour quatre termes de trois mois chacun. Ce seul exemple montre que l'on compliquerait encore les opérations du contrôle, que l'on autoriserait les ouvriers à s'immiscer de la manière la plus gênante dans tous les détails de l'entreprise si, pour

éviter le conflit d'intérêts créé dans certains cas par les échelles actuelles, on déterminait le taux des salaires d'après les prix d'achat des matières premières constitutives du produit, en même temps que d'après les prix de vente. Nulle part, pas même en Angleterre, croyons-nous, l'échelle ne supporterait une pareille surcharge !

V. — Comité mixte (joint Comittee).

La plupart des échelles sont placées par les conventions sous la direction d'un *Comité mixte* (joint Comittee) organisé à l'image des Conseils de conciliation et d'arbitrage.

Le Comité mixte a pour but essentiel d'étudier et de résoudre toutes les questions relatives au fonctionnement de l'échelle et aux conditions du travail en général. Il n'intervient, pour trancher un différend, qu'après avoir constaté l'impossibilité de tout arrangement direct entre patrons et ouvriers ; s'il ne parvient pas à établir l'accord, il porte le litige devant un arbitre dont la décision est souveraine. Le plus souvent ses avis sont entendus et, d'ordinaire aussi, les décisions arbitrales sont respectées, de par la seule loyauté des parties.

Dans le Cumberland, en vertu de la convention de 1887, le Comité mixte est formé de quatre représentants de l'association des exploitants de mines, quatre représentants des mineurs et de deux secrétaires ayant voix délibérative, désignés par les uns et les autres. Le *quorum* est de six membres ; un vote n'est valable qu'à la condition d'émaner d'une réunion composée d'un nombre égal de représentants des patrons et des ouvriers ; tout membre du Comité directement intéressé à la question portée à l'ordre du jour doit s'abstenir de voter et, dans ce cas, un membre du parti opposé doit également s'abstenir.

Dans le South Wales, le Comité mixte compte au maximum vingt-deux membres, non compris les deux secrétaires, onze pour l'association des exploitants, onze pour les ouvriers du fond et du jour des charbonnages de la dite association. Il doit se réunir, au moins, une fois par mois. Dans ces derniers temps le Comité ayant été impuissant à établir l'accord au sujet du taux des salaires pour la production du menu, patrons et ouvriers en référèrent aux tribunaux. A la suite d'un jugement favorable aux ouvriers, l'association des propriétaires des charbonnages du South Wales et du Monmouthshire décida, en un meeting tenu à Cardiff, le

26 juin 1891, de donner l'avis statutaire de suppression de l'échelle.

Dans le nord de l'Angleterre, c'est le Comité permanent (standing Comittee) du Conseil de conciliation et d'arbitrage qui est d'abord chargé de régler toutes questions relatives à la fixation des salaires et d'arranger les litiges. Ce Comité permanent est formé de cinq patrons, cinq ouvriers et du bureau du Conseil. Quand il échoue dans sa tâche, il en réfère au Conseil qui, en cas de partage des voix, recourt à l'arbitrage. En vingt années, soit jusque vers le milieu de 1890, le Conseil du Nord de l'Angleterre a arrangé plus de 850 différends.

Dans le Northumberland, depuis la disparition de l'échelle, en 1887, jusqu'en 1889, le Comité mixte a, par cinq fois, déterminé le taux des salaires et arrangé des différends locaux. Le Comité mixte a réussi là où il échouait, lorsqu'il était embarrassé d'une échelle. C'est que, pour déterminer correctement le taux du salaire, il faut avoir la latitude de tenir compte, au moment même de la détermination, des conditions multiples et essentiellement variables de la production comme de l'échange.

Pour remédier aux difficultés et aux heurts incessants des conventions amiables entre chaque patron et chaque ouvrier, il convient de charger des représentants d'associations patronales et ouvrières fortement organisées du règlement de toutes les questions relatives au travail. Les Comités mixtes, les Conseils de conciliation et d'arbitrage jouent ce rôle avec succès de l'autre côté du détroit: puissent-ils avoir chez nous le même succès!

CONCLUSION

Nous pouvons conclure maintenant.

En principe, un système en vertu duquel le salaire varie selon le prix de vente du produit est excellent : il fait ressortir clairement que l'ouvrier est rémunéré d'après la valeur du produit de son travail, d'après sa productivité, que son sort dépend de l'état du marché universel des produits et non du bon vouloir ou de la bonne fortune du patron.

A l'application il faut déchanter. Ce n'est pas d'après le prix du produit au moment de la production que l'ouvrier est payé, ce n'est pas ainsi que dans les modes de salaire actuels, d'après le prix présumé, c'est d'après le prix réalisé à une époque antérieure, pendant six mois, trois mois ou quinze jours, selon le temps marqué pour les déterminations périodiques. Le salaire peut

n'être plus du tout en rapport avec les conditions de l'heure présente. Si l'ouvrier trouve la situation avantageuse, il se tiendra tranquille ; sinon, il réclamera, il renversera l'échelle. Les combinaisons artificielles les mieux étudiées ne peuvent résister à cette force naturelle, la concurrence, ni au sentiment tout aussi naturel qui incite l'homme à conserver ou abandonner toute chose, en raison de ses avantages ou de ses désavantages.

Il est extrêmement difficile de fixer la part proportionnelle du travail.

Incapable de se rendre compte des conditions générales qui règlent le prix des produits, l'ouvrier estimera toujours qu'il est lésé, qu'il est « le souffre-douleur neutre du jeu de la production ». Mécontent, il mécontentera le patron par des réclamations ou une immixtion gênante dans les opérations de vente et la comptabilité. L'échelle ne peut ni établir ni rétablir l'harmonie.

Basée sur des moyennes, elle fausse légèrement le taux des salaires. Établie sans tenir compte des divers éléments du prix de revient, notamment du prix des matières premières, elle voit son emploi limité aux industries où domine la main-d'œuvre, elle met souvent en opposition absolue l'intérêt du patron et de l'ouvrier.

Système de détermination automatique du salaire, l'échelle aurait dû donner la stabilité au budget de l'ouvrier, faciliter au patron la conclusion de contrats de vente à certaine échéance, supprimer la plupart des différends relatifs à la détermination et au règlement des salaires, c'est-à-dire — ce serait l'idéal— devancer, alléger l'action des Conseils de conciliation et d'arbitrage. Ces résultats n'ont pas été atteints, parce qu'à l'user ce système a dû subir des retouches qui en ont altéré le principe du tout au tout.

Aussi, chaque jour, les échelles de l'Angleterre sont renversées; par contre, chaque jour, avec une persévérance digne de plus de réussite, elles sont relevées. Hier encore, au commencement de novembre 1891, en dépit d'un insuccès antérieur, des négociations en bonne voie d'aboutir ont été ouvertes pour rétablir une échelle destinée à régulariser le taux des salaires dans le nord de l'Angleterre et le Staffordshire.

Les Anglais qui se flattent, non sans raison à l'ordinaire, d'être gens essentiellement pratiques, se sont laissé séduire, cette fois, par la théorie. Gardons-nous de culbuter derrière eux au travers des échelles.

VOYAGE EN HOLLANDE

COMPTE RENDU ET NOTES TECHNIQUES

Par M. E. LIPPMANN

Il y a huit ans, plusieurs de nos collègues ont eu déjà la bonne fortune de faire un intéressant voyage en Hollande. Sous la conduite des Ingénieurs de l'Institut Royal, ils ont d'abord parcouru en détail les parties les plus remarquables de l'Exposition universelle d'Amsterdam ; puis ils ont visité les grands travaux que nos collègues des Pays-Bas exécutent si habilement, si audacieusement pour soutenir avec succès la grande lutte engagée par un peuple laborieux, persévérant, intrépide, qui veut s'assurer la jouissance perpétuelle de son sol vaillamment conquis sur la mer. Il n'a pas été rendu compte ici, à cette époque, de cette instructive excursion ; je puis alors espérer que vous écouterez avec quelque intérêt le récit que je veux vous faire du nouveau voyage que nous venons d'accomplir dans ce merveilleux pays : car, pour les uns, mes descriptions pourront encore avoir l'attrait de la nouveauté, et les autres y retrouveront, avec le plus agréable souvenir de charmantes journées passées au milieu d'aimables et généreux amphytrions, des détails complémentaires sur ce que nous avons visité, détails que je dois, pour la majeure partie, au gracieux empressement avec lequel nos principaux cicerones de l'Institut Royal des Ingénieurs néerlandais ont bien voulu me faire parvenir de nombreux documents qui m'ont rendu la tâche bien facile.

De Paris à la frontière hollandaise. — Je dois, en narrateur fidèle, prendre notre caravane à son départ et ne la quitter qu'au débarcadère, au retour à Paris. Je ne m'étendrai quelque peu que sur les parties réellement techniques ; je vous demanderai pour-

tant la permission de me laisser parfois donner un libre cours à l'enthousiasme qu'ont soulevé, dans nos cœurs, la cordialité et la générosité avec lesquelles nous avons été reçus par nos chers collègues des Pays-Bas et les universelles marques de sympathie que nous avons recueillies partout pour la France.

Dans le compte rendu sommaire que notre éminent Président, M. Polonceau, vous a exposé au début de la séance du 2 octobre dernier, vous avez vu dans quelles agréables conditions nous avons effectué le trajet, aller et retour, de Paris à La Haye : et je veux ici, tout d'abord, rendre un bien sincère hommage à notre sympathique agent général et collègue, M. de Dax, qui avec un tact, un dévouement, une intelligence remarquables, avait si admirablement organisé l'excursion, que nous avons effectué ce ravissant voyage, sans avoir à nous occuper et préoccuper de rien. Grâce à lui, notre voyage s'est accompli avec une facilité, un confortable tels que chacun de nous pouvait, pendant cinq jours, se croire un des plus grands favoris de la fortune.

En arrivant à la gare du Nord, le dimanche matin, 30 août, on nous a remis à chacun, en même temps qu'un bulletin donnant droit à la demi-place jusqu'à Roosendaal, frontière hollandaise, les insignes de notre Société, véritable talisman à la simple vue duquel toutes les portes devaient s'ouvrir, les administrations les plus sévères adoucir les rigueurs de leurs règlements, les agents les plus revêches devenir polis, aimables, empressés. Nous recevions, en outre, dans une enveloppe et de la part des collègues qui nous attendaient, un ravissant petit programme, finement illustré, de l'emploi de notre temps en Hollande, une notice détaillée sur la plage de Scheveningue, sur les attraits de son splendide Kurhauss, sur La Haye et ses environs, enfin une liste imprimée des membres de notre Société ayant accepté l'invitation (1) et celle des membres de l'Institut royal néerlandais avec lesquels nous allions avoir le plaisir de passer les délicieuses journées du 31 août, des 1er et 2 septembre.

Nous voici installés dans les voitures spéciales que la Compagnie du Nord nous réservait ; un coupé-salon avait été mis par la Direction à la disposition de notre Président, qui a invité à y prendre place avec lui les deux membres du comité faisant partie de l'ex-

(1) Cette liste se composait de M. Polonceau, président ; MM. Lippmann et Salomon, membres du Comité, et MM. Arnodin, Arbey, Béliard, Boucher, Candlot, Chandelier, Chardon, de Chasseloup-Laubat, Cochelin, Cormier, Damoiseau, de Dax, Delaa, Desforges, Engerran, Galezowski, Gallais, Gobert, Gneyton, Josse, Jouin, Kerne, Lange, Langdon, Lebrun, Leuvrais, Lippmann, Martin, Michaux, Parisse, Peignot, de Place, Poliakoff, Raffard, Sadoine, Stein, Thomas, van den Berghe, Vaslin.

cursion, et dans lequel est monté plus tard notre collègue, M. le baron Sadoine, ancien directeur des établissements John Cockerill, à Seraing, qui s'est joint à nous à Bruxelles.

A 8 h. 5 m. le train quittait la gare du Nord et à Saint-Quentin, où quelques nouveaux collègues nous ont rejoints, nous nous sommes rendus dans le wagon-restaurant que l'aimable et habile Directeur de la Compagnie Internationale des wagons-lits avait gracieusement fait atteler à notre train, tout spécialement pour nous ; il nous y a été servi, par un personnel empressé, un très beau et excellent déjeuner, très coquettement dressé.

Pendant ce temps, notre train express nous amenait à Quévy, bureau de la douane belge dont l'œil vigilant s'est aimablement fermé pour nous; puis nous avons rapidement franchi tout le Royaume, et après quelques minutes d'arrêt à Bruxelles où deux de nos collègues de Belgique, MM. le baron Sadoine et Lebrun, ont pris place dans nos voitures, nous nous sommes bientôt trouvés devant les nouvelles et imposantes fortifications d'Anvers.

Tout de suite après, nous avons passé sur le canal de la Campine, dont la construction a permis de défricher, rendre à l'agriculture et au boisement une grande surface de terres stériles, qui n'étaient couvertes que de bruyères et de sables mouvants. Ce sont les landes belges qui précèdent et joignent les landes hollandaises avec lesquelles elles ne font qu'un, puisque la contrée qui porte le nom de Campine se continue dans le Brabant hollandais, sous le nom de Kempenland.

De Roosendaal à La Haye. — Nous entrions donc en Hollande; à 4 h. 17 nous arrivions à la douane de Roosendaal, nous étions chez nos hôtes, et nous avons eu tout de suite un avant-goût de leur munificence à la vue du luxueux train spécial qui était là à nous attendre. Ce train était uniquement composé de wagons-salons, dont l'un, aux armes royales et splendidement meublé, appartient à la Compagnie des chemins de fer hollandais et les autres sortent des remises des chemins de fer de l'État. Pendant tout le temps de notre séjour en Hollande, ces mêmes voitures et le même personnel resteront chargés de nous conduire partout où nous aurons à nous rendre, exactement comme cela se passerait chez un riche châtelain qui, pour faire les honneurs de

son domaine à un illustre invité, mettrait à ses ordres son plus brillant équipage.

Aussi je ne veux pas aller plus loin sans me faire ici l'interprète de tous nos compagnons de voyage pour transmettre l'expression de notre reconnaissance à MM. Cluysenaër, directeur général de la Société des chemins de fer de l'État néerlandais, et van Hasselt, directeur général de la Compagnie des chemins de fer hollandais, à la générosité desquels nous avons dû cette royale faveur et celle d'une carte de libre circulation sur toutes les lignes de la Hollande, valable jusqu'au 15 septembre.

Vous devez alors vous faire une idée des heureuses impressions sous lesquelles s'est achevé le voyage jusqu'à notre arrivée à La Haye, d'autant plus que, pendant ce restant de trajet qui s'effectue en deux heures, nous avons été captivés par la variété ininterrompue des décors qui s'offraient à notre vue. Ce sont d'abord, à travers ces contrées plates, sans montagnes, sans forêts, d'immenses et riants pâturages qui s'étendent à perte de vue ; d'innombrables canaux, le long desquels sont plantés de droites lignes d'arbres, divisant ces vastes plaines en herbages plantureux, parsemés d'immenses troupeaux de vaches bigarrées, de vraie race hollandaise, remarquables par la grosseur de leur corps, la petitesse de leur tête, la finesse de leurs cornes.

Puis c'est le fameux pont du Mœrdijk, si gigantesque et si léger; ensuite la patrie d'Ary Scheffer, la vieille ville de Dordrecht, qu'on quitte en traversant la Meuse sur un beau pont de sept arches, dont quatre à tablier tournant pour le passage des navires, et du haut duquel nous avons pu admirer la pittoresque situation de la ville :

« On se demande, dit Havard, où l'on a déjà vu la silhouette » gracieuse de cette jolie cité qui semble flotter sur l'eau. On » cherche où l'on a premièrement aperçu ces beaux moulins noirs » aux ailes ocrées, ces quais rouges avec leur forêt de hauts mâts, » ces grands arbres arrondissant leurs masses vertes, et cette » foule de maisons titubantes, dominées par une tour immense, » carrée, robuste, coiffée d'un quadruple cadran... C'est sur les » toiles de Van Goyen, de Cuyp, de Ruysdael, tous trois épris de » ce spectacle magique, amoureux de cette rivière argentée et de » la ville pittoresque et brillante dont elle est le miroir. »

Nous marchions toujours en suivant la voie de droite ; car en partant de Roosendaal j'ai oublié de dire que les Hollandais, contrairement à ce qui se fait en France et en Belgique, ont trouvé

rationnel d'adopter sur leurs voies de fer les mêmes usages de circulation que sur les voies de terre et dans la navigation.

Nous avons traversé l'île de Feyenoord après avoir laissé à gauche l'embranchement du chemin de fer de l'État qui dessert tous les vastes établissements et les grands bassins de la rive gauche de la Meuse, en aval des deux grands ponts que nous avons franchis avant d'entrer à Rotterdam.

De ces deux ponts, le premier à double travée tournante passe sur le large canal de Koningshaven qui a été creusé à travers la pointe de l'île de Feyenoord en constituant ainsi, dans la Meuse, la nouvelle île de Noordereiland, que le chemin de fer traverse en remblai, pour s'engager ensuite sur le second grand pont métallique fixe qui enjambe la Meuse.

Tous ces majestueux travaux d'art que je ne fais qu'énumérer en passant, et qui se succèdent comme par enchantement depuis le pont de Moerdijk seront bientôt visités par nous, sous la conduite de guides obligeants qui me mettront à même de vous en faire une description plus intéressante.

En attendant, je ne vous fais part ici que de la vive impression produite sur nous par le décor grandiose qui se déroulait rapidement sous nos yeux. Rien ne peut donner une idée de l'imposant tableau que présente la perspective des deux gigantesques ponts parallèles jetés sur la Meuse, l'un pour le chemin de fer, l'autre pour le passage des piétons et des voitures, dominant ce fleuve majestueux dont les flots, maintenus par des quais coquettement plantés d'arbres, portent des centaines de bateaux de toutes sortes, de toutes formes et de toutes nationalités pardessus lesquels pointent une véritable forêt, un enchevêtrement indescriptible de mâts, de vergues et de cheminées en tôle.

Tout à coup, comme par un changement à vue, on est dans le cœur même de la ville de Rotterdam qu'on traverse tout entière, et dans sa plus grande dimension, sur un immense viaduc de 1 400 *m* de longueur que nous reverrons aussi tout à l'heure, et qui est assez élevé pour dominer presque toutes les maisons au milieu desquelles on passe de la façon la plus originale. En voyant cette voie de fer suspendue qui circule si facilement à travers une ville aussi animée, en passant par-dessus les rues, les quais, les canaux sans apporter la moindre entrave au mouvement et, disons-le tout de suite sans nuire d'aucune façon à la beauté des quartiers qu'elle coupe, notre pensée s'est portée naturellement vers notre Métropolitain parisien sur la conception duquel on n'a pas encore pu se mettre d'accord:

nous nous disions que si nos édiles faisaient le voyage de Rotterdam, ils se rendraient bien compte qu'une voie aérienne judicieusement tracée et construite avec art, loin d'être préjudiciable à l'aspect de Paris, lui donnerait plus de pittoresque en même temps qu'elle assainirait nombre de quartiers populeux.

Toutes les maisons, construites en briques, respirent un très grand air de propreté et d'aisance ; bon nombre servent de demeures à des familles d'ouvriers ou de petits employés, comme l'indiquent les mobiliers modestes qu'on aperçoit par les fenêtres ouvertes ; presque toutes possèdent une petite cour avec un jardinet fort bien entretenu, des fleurs aux croisées, des vitres brillantes, des rideaux bien blancs : tout cela présente un aspect coquet, riant, et dénote les soins minutieux que les ménagères hollandaises apportent à l'entretien des habitations.

Par le viaduc nous avons passé d'abord au-dessus du grand quai des Boompjes, promenade bien ombragée et des plus animées, car c'est de là qu'on a la plus belle vue sur la Meuse avec ses deux ponts métalliques, et c'est là qu'accostent les grands steamers qui font la traversée de l'Amérique et des Indes. Nous avons traversé ensuite l'angle formé par la rencontre des deux grands canaux, le Scheepmakers haven et le Wyn haven ; après nous être arrêtés quelques minutes à la station de la Bourse qui ne sert que pour les voyageurs, nous avons longé le Kolk (canal) mirant dans ses eaux grises les arbres et les édifices qui l'entourent, nous avons recoupé la rue Haute (Hoogstraat), qui est établie sur une digue protégeant, contre les inondations de la Meuse, la ville qu'elle partage en deux. Nous avons passé derrière et contre le plus vaste édifice de Rotterdam, l'ancienne église Saint-Laurent, de style gothique, appelée aujourd'hui la Grande Église, et consacrée au culte protestant. Nous avons suivi, dans toute sa longueur, l'ancien canal intérieur de la Binnen Rote qui a été desséché et entièrement comblé, pour la construction du viaduc, et nous sommes arrivés à l'extrémité de la ville, à la gare de la porte de Delft, où se fait la jonction du chemin de fer hollandais et du chemin de l'État.

A la sortie de Rotterdam nous avons retrouvé les verts pâturages, coupés de nombreux canaux ; nous avons aperçu, à gauche, le petit port de Delfsthaven qui est annexé au port de Rotterdam, dont il constitue, sur la rive droite de la Meuse, les trois bassins appelés la Voorhaven, le Achterhaven et le Buizenwaal ; puis nous avons vu Schiedam dont tout le monde connaît le nom, grâce aux pro-

duits que ses trois cent cinquante distilleries exportent dans tous les pays du monde. La ville est construite, comme son nom l'indique, sur une digue de la Schie, petit affluent de la Meuse; vue du chemin de fer, elle présente un tableau qui mérite d'être contemplé : Au premier plan se dressent les innombrables cheminées des distilleries vomissant dans les airs les gris nuages de leur épaisse fumée ; derrière se détachent les larges lignes noires dentelées des pignons aigus des groupes de maisons, et tout autour s'agitent les ailes jaunâtres de centaines de moulins à vent aux couleurs sombres.

La cité de Delft, devant laquelle nous avons passé ensuite, a une célébrité d'un tout autre ordre que la précédente : elle la doit d'abord à ses fabriques de faïences qui malheureusement ne sont plus aujourd'hui comparables à celles qui firent autrefois sa réputation et que recherchent tous les vrais amateurs.

C'est à Delft aussi que se trouve l'École polytechnique de laquelle sortent les Ingénieurs du Waterstaat, dont les principales fonctions consistent à défendre le pays contre la mer, à établir des ponts et des canaux, à améliorer la navigation des fleuves et des rivières, à entretenir les digues, écluses et travaux accessoires, à diriger de nouveaux desséchements et à assurer le maintien de ceux qui existent, enfin à construire et à entretenir les ponts, les routes et les principaux chemins.

A l'École polytechnique, les études durent 4 ou 5 années; les élèves qui ont satisfait aux examens de sortie ont droit au titre d'Ingénieur civil. C'est parmi les Ingénieurs civils sortis de l'École de Delft, que l'on recrute exclusivement les Ingénieurs du Waterstaat, à la suite de concours qui sont prescrits par le gouvernement, toutes les fois que des emplois sont devenus vacants dans ce service.

Nous avons traversé encore de brillants pâturages; nous avons lu sur une petite gare le nom de Ryswick, où fut signé en 1697 le traité de paix entre la France, d'une part, et, de l'autre, les Pays-Bas, l'Allemagne, l'Espagne et l'Angleterre; et à 6 h. 13 m. le train nous arrêtait dans la gare du chemin de fer Hollandais à La Haye.

En descendant de notre train nous avons été conduits, par le chef de gare et les principaux employés de la Compagnie du chemin de fer Hollandais, à la salle d'attente où nous attendait une délégation de l'Institut royal des Ingénieurs néerlandais, composée de M. Conrad, inspecteur du Waterstaat, président de l'Ins-

titut royal, et de MM. Teding van Berkhout, inspecteur du Waterstaat des Indes orientales en retraite; Halbertsma, Ingénieur civil; Repelaer van Driel, Ingénieur attaché au département du Waterstaat; Stieltjes, rédacteur de journal *De Ingenieur;* Ribbius, Ingénieur civil, directeur du Service des Eaux de Delft, et Tideman, conservateur des manuscrits de la Bibliothèque royale, secrétaire de l'Institut royal. Après les présentations d'usage, M. le président Conrad nous a souhaité la bienvenue en nous remerciant d'avoir accepté une invitation qui n'était, de la part des membres de l'Institut royal, que l'occasion de renouer connaissance avec leurs très sympathiques collègues français, et de leur témoigner à nouveau l'excellent et reconnaissant souvenir qu'ils gardaient du charmant accueil que nous leur avions fait à l'Exposition universelle de 1889. M. Polonceau, en remerciant M. Conrad de ses aimables paroles, s'est dit très heureux de la bonne fortune qui lui permettait, pendant son passage à la présidence de la Société des Ingénieurs civils de Paris, de faire un très intéressant voyage qui aurait pour effet certain de resserrer plus étroitement encore les liens de cordiale confraternité qui existaient déjà entre les Ingénieurs néerlandais et français.

On s'est donné rendez-vous pour passer ensemble la soirée au Cercle littéraire, et des landaus gracieusement retenus pour nous, nous ont conduits aux hôtels que nous avions respectivement choisis et où, grâce à une excellente organisation, nous avons trouvé nos bagages dans nos chambres, sans avoir eu autrement à nous en soucier depuis notre départ.

Après dîner, nous nous sommes rendus, comme il était convenu, à la *Litteraire Societait* (cercle littéraire), située sur le *Plein*, place centrale de La Haye, appelée aussi le *Stathouders Plein*, qui est entourée d'arbres et dont le centre est occupé par la remarquable statue de Guillaume le Taciturne. Tout autour s'élèvent les édifices du gouvernement : les ministères de la Guerre, des Colonies, de la Justice, les archives royales, la Haute-Cour des Pays-Bas.

La *Litteraire Societait*, où nous avons passé notre première soirée en Hollande, est un somptueux local, aménagé avec un luxe et un confortable tout à fait à la hauteur des grands progrès réalisés aujourd'hui par les applications de la science aux usages de la vie aristocratique et opulente. — Les honneurs nous en ont été faits de la façon la plus aimable par MM. Conrad, van Berkhout, Repelaer van Driel, Halbertsma et Tideman que nous n'avons quittés qu'à une heure très avancée.

II

La Haye. — Le lendemain matin, lundi 31 août, dès neuf heures, ces messieurs sont venus nous prendre à l'hôtel Paulez dans lequel étaient descendus notre président et plusieurs de nous, pour nous faire visiter l'atelier de M. Mesdag, un des plus grands peintres hollandais, dont on nous avait transmis l'invitation la veille à notre arrivée. — Je veux dire d'abord ce qu'il y avait de flatteur dans cette prévenance du célèbre artiste qui ne voyait en nous que des représentants de la France, qu'il aime, et qui a toujours fait à ses œuvres le sympathique et enthousiaste accueil qu'elles méritaient. Son nom nous est du reste bien connu, car il est depuis au moins 1872, si je ne me trompe, l'un des hôtes les plus admirés de notre grand Salon parisien, dans lequel il n'a plus aucun honneur à récolter depuis qu'une de ses plus remarquables marines est allée enrichir notre musée du Luxembourg.

Son habitation, située 9 Laan Van Meerdervoort, est dans un quartier tout à fait neuf. Pour nous y rendre, nous avons traversé l'avant-bois (le Voorhout), place plantée d'arbres où nous avons vu les boutiques de victuailles tenues par les *Frisonnes* avec leur casque d'or, et les préparatifs d'une sorte de kermesse en l'honneur de l'anniversaire de la jeune et très populaire reine Wilhelmine, dont c'était la date de la naissance. Toute la ville était pavoisée de drapeaux tricolores aux mêmes couleurs que les nôtres, mais placées perpendiculairement à la hampe, à l'extrémité de laquelle flottaient, pour la circonstance, de longs oriflammes orange, couleur de la maison de Nassau qui règne en Hollande, et qui donne le nom de prince ou princesse d'Orange à l'héritier présomptif du trône. Nous avons passé devant le ministère de la Marine et des Finances, puis dans une grande et belle voie, la Parkstraat, bordée de maisons modernes, aristocratiques, véritables villas entourées de feuillages et encadrées de pelouses fleuries. La rue, comme toutes celles de ce quartier, est pavée de briques roses. On ne peut rien imaginer de plus gracieux, de plus distingué que cette file de maisons élégantes dont les blanches façades, les portes aux vérandas fleuries, les fenêtres garnies de grandes glaces se reflètent dans l'eau à fleur de terre du canal qui les longe et dont rien ne garantit l'abord.

Au bout de la Parkstraat nous avons franchi la portion de

Grand Canal, qui formait jadis l'enceinte de la ville, pour entrer dans le Willemspark qui, par son entourage de belles demeures, rappelle en petit notre parc Monceau. Au centre se trouve une belle place elliptique, le Plein 1813, au milieu de laquelle se dresse le monument commémoratif du retour à l'indépendance nationale ; puis en quelques minutes nous arrivions chez M. Mesdag. La maison dans laquelle nous sommes entrés est d'un extérieur simple et propre, mais à l'intérieur, comme, paraît-il, dans la plupart des habitations de La Haye, retraite de la noblesse, d'un grand nombre de hauts fonctionnaires, d'armateurs et d'artistes arrivés, de négociants enrichis, c'est un élégant confortable, beaucoup d'air, de lumière, de la verdure et des fleurs. Le grand peintre, après des paroles de bienvenue dans lesquelles il n'a pas manqué de nous confirmer le grand attachement qu'il a pour notre beau pays, nous a promenés dans ce qu'on nous avait annoncé être son atelier, tandis que nous nous trouvions dans un splendide musée, magnifique collection de plusieurs centaines de toiles de grands maîtres modernes et pour la plupart français, des Corot, des Daubigny, des Dupré, des Th. Rousseau, des Delacroix, etc., etc. Au milieu de celles-ci nous avons refait connaissance avec quelques œuvres du maître qui, vous vous en souvenez, avait encore exposé au dernier Salon du Champ de Mars cinq tableaux, tous très admirés, particulièrement son *Hiver de 1891* à propos duquel le critique du *Temps*, en citant les « fougueuses marines du hollandais Mesdag », disait que son *Bateau dans les glaces* était tout simplement un chef-d'œuvre. Plusieurs tableaux de genre, aussi fort remarquables, sont signés par Mme Mesdag.

Nous n'avons pas passé moins de deux heures à parcourir cette suite de salons se succédant les uns aux autres et d'étage en étage, aménagés avec le goût et l'art d'un maître qui sait juger de l'exacte mise en lumière des sujets, et qui a compris que pour faire bien apprécier une réunion aussi importante de grandes œuvres, il importe de ne les grouper que par petit nombre, de façon que l'esprit et l'attention se reposent fréquemment pendant le temps du passage d'une salle dans la suivante. Après les tableaux, ce fut le tour des objets d'art, des vieilles faïences, des bronzes, des meubles anciens, des curiosités de l'Inde, des tapisseries, etc., qui constituent un ensemble d'une très grande richesse et d'une immense valeur.

Ensuite M. Mesdag a poussé l'amabilité jusqu'à nous conduire lui-même au Panorama qui porte son nom, et qui est situé dans

la Zée-Straat, à l'angle S.-O. du Willemspark. Le vestibule est formé de deux ou trois salons qui servent d'exposition permanente aux œuvres de M. et de Mme Mesdag : le sujet du Panorama est la plage de Scheveningue, cette ravissante station de bains de mer qui touche à La Haye. Le spectateur est placé sur une dune et jouit du spectable le plus ravissant et le plus grandiose qu'on puisse imaginer. L'illusion est complète, le village, les hôtels, les villas, le parc d'artillerie qui bordent la mer, les cabines des baigneurs, les flibots pansus dormant sur le sable ridé par le vent, et les voiles qu'on voit au loin sur la vague agitée, et l'effet de clair-obscur produit par un nuage sur une partie de l'horizon, tout est réalité et prouve bien qu'à la puissance et à la science du coloris, le grand artiste joint une très habile et parfaite connaissance de la perspective.

Nous ne savions comment exprimer à M. Mesdag notre admiration pour son talent hors ligne et notre enthousiasme pour la cordialité de sa réception. Je voudrais, si ces lignes lui tombent sous les yeux, qu'il sache bien que je puis me faire ici l'écho des impressions de tous mes compagnons de voyage, qui conserveront toujours le plus charmant souvenir de la première et si attrayante matinée que, grâce à lui, nous avons passée dans son merveilleux pays.

En le quittant nous avons mis à profit les quelques instants dont nous pouvions disposer pour retourner au Plein faire une visite à laquelle on n'a garde de manquer. Je veux parler de celle du *Mauritshuis*, ancien hôtel du prince Maurice de Nassau, qui est actuellement le Musée royal ; car il est impossible qu'on vienne à La Haye sans faire une sorte de pèlerinage à *la Leçon d'anatomie*, de Rembrandt, et *au Taureau*, de Paul Poter.

Nous avons fait le tour rapide du *Binnenhof*, ancienne *cour intérieure* du palais où résidaient les stathouders, et qui est entourée d'édifices de toutes les époques, occupés aujourd'hui par les deux Chambres des représentants, les Ministères de l'Intérieur et des Travaux publics, la Cour d'assises, la Cour des comptes, l'administration des télégraphes ; au centre se trouve une grande et majestueuse chapelle construite au XIIIe siècle par le comte de Hollande, Guillaume II, dont la statuette dorée surmonte une fontaine monumentale qui s'élève en face. Cette chapelle, devenue la salle des chevaliers, a, depuis, été longtemps affectée au tirage de la loterie royale ; elle renferme actuellement les archives du Ministère de l'Intérieur ; elle a une longueur de 42 *m* et une lar-

geur de 20 *m*; la charpente de la toiture, qu'aucune poutre transversale ne soutient, est un véritable chef-d'œuvre : elle est tout entière en bois de cèdre. On passe par un lourd portail du Binnenhof à la cour extérieure, ou *Buitenhof*, au centre de laquelle est érigée la statue du roi Guillaume II, avec le nom des batailles auxquelles il prit part, notamment celle de Waterloo où il servit d'aide de camp à Wellington, et dans laquelle il fut blessé.

Du Buitenhof on arrive à la promenade du *Vijverberg* (montagne du Vivier) par l'arcade voûtée de la prison où furent enfermés, torturés et massacrés, en 1612, les frères Jean et Corneille de Witt, faussement accusés de complot contre la vie du stathouder Guillaume III. La montagne du Vivier est une magnifique avenue plantée d'arbres et bordée de beaux hôtels, qui longe un grand bassin rectangulaire, un *vivier* de plaisance, dont les eaux reflètent, avec l'effet le plus grandiose, les sombres murailles des édifices du Binnenhof, les arbres de la promenade, et la verdure d'une petite île artificielle qui est au centre.

Réception officielle. — Après une matinée aussi bien remplie, nous nous sommes préparés à nous rendre au palais des Arts et des Sciences, où se tiennent les séances de l'Institut royal des Ingénieurs néerlandais, et où allait avoir lieu, à une heure et demie, notre réception officielle dont je donne, en grande partie, comme compte rendu, la traduction de celui qui a été fait à La Haye aux membres de l'Institut royal, dans la séance du 27 octobre dernier, par M. Tideman.

La Commission d'organisation nous reçut dans le vestibule du Palais et nous invita à apposer notre signature sur une liste de présence : en même temps on nous remettait à chacun, à titre de souvenir, une série de documents relatifs à notre voyage et dont la collection fort intéressante comprend :

1° Le fascicule qui nous avait été remis déjà à Paris portant le titre : *La Visite en Hollande de la Société des Ingénieurs civils français*, programme général, composé et illustré par M. W. L. Brückmann j^r^, contenant le détail des trois journées du 31 août au 2 septembre 1891, avec vues artistement dessinées des principaux monuments, promenades, palais, etc., que nous devions avoir l'occasion de voir à La Haye ;

2° *Souvenir de la visite de la Société des Ingénieurs civils à la Hollande* — 31 août-2 septembre — dont les fines et humoristiques

la Zée-Straat, à l'angle S.-O. du Willemspark, formé de deux ou trois salons qui servent d'... nente aux œuvres de M. et de Mme Mesdag : le ... est la plage de Scheveningue, cette ravissante ... de mer qui touche à La Haye. Le spectateur ... dune et jouit du spectable le plus ravissant ... qu'on puisse imaginer. L'illusion est complète ... tels, les villas, le parc d'artillerie qui bordent ... des baigneurs, les flibots pansus dormant sur ... le vent, et les voiles qu'on voit au loin sur ... l'effet de clair-obscur produit par un nuage ... l'horizon, tout est réalité et prouve bien que ... la science du coloris, le grand artiste joint ... faite connaissance de la perspective.

Nous ne savions comment exprimer à M. ... ration pour son talent hors ligne et notre ... cordialité de sa réception. Je voudrais, si ... sous les yeux, qu'il sache bien que je puis ... impressions de tous mes compagnons de ... toujours le plus charmant souvenir de la ... matinée que, grâce à lui, nous avons pass... pays.

En le quittant nous avons mis à pro... dont nous pouvions disposer pour ret... visite à laquelle on n'a garde de manq... du *Mauritshuis*, ancien hôtel du prin... est actuellement le Musée royal : car il ... à La Haye sans faire une sorte de p... de Rembrandt, et *au Taureau*, de P...

Nous avons fait le tour rapid... *intérieure* du palais où résidaient ... rée d'édifices de toutes les épo... deux Chambres des représen... des Travaux ...es, la C... l'administr... des télégr... et majestu... chapelle ... Hollande, ...me II. ...ntale ...

-H. Stieljes, Ingénieur civil ; F.-M.
ieutenant-colonel du génie militaire ;
travaux de la ville de Rotterdam ;
deman, secrétaire de l'Institut.
vrit la séance par le discours que

Messieurs les membres de la Société des
vous souhaite en mon nom et en celui
s Ingénieurs néerlandais, la bienvenue
été.
Ministre plénipotentiaire de la Répu-
que vous nous faites en assistant à cette

ur de vous exprimer, Messieurs, notre
voulu entreprendre un long voyage, et
passer quelques jours parmi nous, et
mes très heureux que vous ayez accepté

r s'était manifesté parmi les membres
l'occasion d'admirer, sous vos auspices,
en 1889, de vous réitérer chez nous
our l'accueil cordial et amical que vous
de leur séjour à Paris.
d'hui et j'espère, Messieurs, que quand
ce petit coin de l'Europe ainsi que ses
ace dans vos souvenirs.
vous conduire demain et mercredi aux
maritimes et commerciales de Rotterdam et
s pas hésité à placer les visites de ces deux
re navigation fluviale, sur le programme de
uisque vous aussi, Messieurs, vous discutez
tions qui se rattachent à ces sujets, et dans
nous avons suivi avec le plus grand intérêt,
structive discussion du projet de Paris port de
Du 26 juin dernier.
ier Van Driel a bien voulu se charger de vous
n aperçu général des ports, que je viens de citer,
ainsi que de leurs accès, du pont de Mœrdijk et
ravaux hydrauliques que nous aurons le plaisir de
dont les dessins sont exposés dans cette salle et dans

té à cette petite exposition des dessins et des photo-
es autres travaux publics, exécutés dans notre pays
sions d'outre-mer.
eurs, que les rayons de soleil qui réchauffent la nature
ous feront pas défaut, ni dans nos excursions, ni dans nos
es, et que les journées que nous allons passer ensemble

illustrations sont dues aux habiles artistes, MM. L. J. Eymer, C. N. Van Goor et W. Wenckelnch, et donnant trois courtes notices sur les villes de La Haye, Rotterdam et Amsterdam, rédigées en français respectivement par MM. Tideman, de Jongh et Gosschalk, tous trois membres de l'Institut et commissaires désignés pour diriger individuellement notre visite dans chacune de ces trois villes ;

3° Plan de La Haye et Scheveningue ;

4° Carte du port de Rotterdam ;

5° Plan d'Amsterdam ;

6° Carte itinéraire de l'excursion ;

7° Enfin nos cartes d'entrée et de placement au banquet officiel du soir, des cartes de tribune offertes par le Conseil municipal pour assister au feu d'artifice tiré en l'honneur de l'anniversaire de la jeune Reine, et des cartes d'entrée au Kurhaus de Scheveningue pour la soirée du lendemain.

Après les compliments de bienvenue présentés par le secrétaire de l'Institut royal, M. Tideman, celui-ci nous conduisit dans la grande et magnifique salle de réunion, située au premier étage et splendidement ornée pour la circonstance. Les murs étaient décorés par des groupements de drapeaux et trophées aux couleurs françaises et hollandaises, avec des écussons portant en exergue: « Honneur aux Ingénieurs français » et au milieu desquels se trouvaient les portraits des trois fondateurs de l'Institut : l'éminent Ingénieur, M. F. W. Conrad, inspecteur du Waterstaat, oncle du Président actuel de cette grande institution, M. le Dr G. Simons, directeur de l'Académie de Delft, puis ministre de l'Intérieur, et M. L. J. A. Van der Kun qui fut, en 1847, directeur général des Chemins de fer de l'État et chef du Waterstaat.

On remarquait, en outre, une importante collection de diplômes d'honneur attribués, aux Expositions de Paris, à l'Institut royal ; enfin, un très remarquable ensemble de dessins, plans, photographies, cartes, etc., représentant les principaux travaux exécutés dans les Pays-Bas et aux Indes néerlandaises, et particulièrement ceux que nous étions appelés à visiter dans les deux jours suivants.

La solennité de cette imposante séance était rehaussée par la présence de M. Legrand, ministre plénipotentiaire de France à La Haye, qui prit place sur l'estrade à la droite de M. le Président Conrad, ayant à sa gauche M. le Président Polonceau. Le bureau était complété par les membres du comité : MM. J.-W. Welcker,

Ingénieur du Waterstaat; E.-H. Stieljes, Ingénieur civil; F.-M. Panthaleon baron van Eck, lieutenant-colonel du génie militaire; G. de Jongh, directeur des travaux de la ville de Rotterdam; A. Huet; van Dissel, et M. Tideman, secrétaire de l'Institut.

M. le Président Conrad ouvrit la séance par le discours que voici :

Monsieur le Président et vous Messieurs les membres de la Société des Ingénieurs Civils de France, je vous souhaite en mon nom et en celui des membres de l'Institut royal des Ingénieurs néerlandais, la bienvenue à la Haye, le siège de notre Société.

Je vous remercie, Monsieur le Ministre plénipotentiaire de la République Française, de l'honneur que vous nous faites en assistant à cette cérémonie.

En premier lieu, j'ai l'honneur de vous exprimer, Messieurs, notre reconnaissance pour avoir bien voulu entreprendre un long voyage, et répondre à notre appel en venant passer quelques jours parmi nous, et je tiens à affirmer que nous sommes très heureux que vous ayez accepté notre invitation.

Depuis longtemps déjà le désir s'était manifesté parmi les membres de notre Institut, qui avaient eu l'occasion d'admirer, sous vos auspices, la grandiose Exposition de Paris en 1889, de vous réitérer chez nous leurs remerciements sincères pour l'accueil cordial et amical que vous avez bien voulu leur offrir lors de leur séjour à Paris.

Ce moment est venu aujourd'hui et j'espère, Messieurs, que quand vous aurez quitté notre patrie, ce petit coin de l'Europe ainsi que ses habitants conserveront une place dans vos souvenirs.

Nous aurons le plaisir de vous conduire demain et mercredi aux travaux et aux installations maritimes et commerciales de Rotterdam et d'Amsterdam, et nous n'avons pas hésité à placer les visites de ces deux ports de mer, centres de notre navigation fluviale, sur le programme de votre séjour en Hollande, puisque vous aussi, Messieurs, vous discutez dans vos réunions des questions qui se rattachent à ces sujets, et dans ces derniers jours encore, nous avons suivi avec le plus grand intérêt, l'important exposé et l'instructive discussion du projet de Paris port de mer, dans votre séance du 26 juin dernier.

M. l'ingénieur Repelaer Van Driel a bien voulu se charger de vous donner tout à l'heure un aperçu général des ports, que je viens de citer, de leurs installations ainsi que de leurs accès, du pont de Mœrdijk et de quelques autres travaux hydrauliques que nous aurons le plaisir de visiter avec vous, et dont les dessins sont exposés dans cette salle et dans les corridors.

Nous avons ajouté à cette petite exposition des dessins et des photographies de quelques autres travaux publics, exécutés dans notre pays et dans nos possessions d'outre-mer.

J'espère, Messieurs, que les rayons de soleil qui réchauffent la nature et les cœurs ne nous feront pas défaut, ni dans nos excursions, ni dans nos réunions amicales, et que les journées que nous allons passer ensemble

resserreront une fois de plus les liens d'amitié qui existent depuis longtemps entre les Ingénieurs français et neerlandais.

Pour vous rappeler ces journées dans l'avenir, je vous prie d'accepter le petit souvenir illustre de votre visite à notre Société, qui vous est offert, et qui contient une courte notice, quelques croquis et des cartes de la Haye, d'Amsterdam et de la mer du Nord.

Je vous prie, Monsieur le Président, de me permettre de vous serrer la main d'amitié, comme je voudrais la serrer à vous tous, Messieurs, au nom des Ingénieurs néerlandais, et de vous dire encore une fois que nous sommes heureux de vous voir parmi nous.

M. Polonceau, Président de la Société française des Ingénieurs civils, répondit dans les termes suivants :

Monsieur le Président, Chers Collègues,

Pardonnez-moi si je ne fais pas ici un discours officiel, et si je ne m'exprime pas comme je le voudrais, puisque je ne suis nullement préparé pour répondre dignement aux mots flatteurs que nous venons d'entendre. Certes si le soleil dont M. le Président a parlé venait à nous manquer, la chaleur de votre cœur qui parle par l'accueil que vous voulez bien nous faire, le remplacerait avantageusement. Depuis longtemps, nous ressentons en France une grande sympathie pour votre beau pays, qui est la véritable patrie de l'Ingénieur. Ce sont les Ingénieurs néerlandais qui ont créé par leurs travaux la Hollande, et comme ce pays n'a pas beaucoup d'étendue, on peut le comparer à la Grèce de l'antiquité qui occupait une petite place sur le globe, mais dont on parlera toujours comme on en a parlé depuis longtemps.

Tous les travaux des Ingénieurs néerlandais ont un cachet remarquable et spécial, quelque chose de très simple, libre de toute réclame et plein de naturel ; voilà ce qui caractérise ces travaux immenses, faits sans bruit, sans éclat, mais qui montrent justement, comme par exemple le pont de quatorze travées de 100 *m* que nous venons de passer, leur force et leur puissance.

Les Ingénieurs ont un grand avantage sur le reste du genre humain, un avantage immense ; c'est que dans tous les pays leur but est le même, un sentiment général les anime de développer le bien-être et la puissance de leur pays, son commerce, son industrie, tandis qu'ils travaillent aussi à la solution des questions sociales qui occupent actuellement les penseurs dans tous les pays. Les Ingénieurs, en travaillant à l'amélioration de tout ce qui se rattache au génie civil, forment une sorte de Franc-Maçonnerie générale.

Permettez-moi, Monsieur le Président, de vous témoigner à vous et à vos collègues toute notre reconnaissance et notre sympathie pour votre aimable accueil en vous serrant réciproquement la main.

A la suite de ce discours, M le Ministre plénipotentiaire de France demanda la parole et dit :

Tout à l'heure, l'honorable M. Conrad a bien voulu me remercier de m'être rendu à son appel pour me trouver ici à cette heure. Je veux, à mon tour, vous adresser à tous un mot de remerciement pour l'accueil que vous voulez bien faire à mes compatriotes et à moi. Malheureusement, je ne puis être présent qu'à cette réception ; je ne pourrai pas profiter de l'invitation qui m'a été faite pour votre dîner de ce soir, parce que je dois me rendre au dîner officiel que S. Exc. M. le Ministre des Affaires étrangères donne à l'occasion du premier anniversaire de votre gracieuse Reine. Vous comprendrez tous que je n'aie pas pu m'abstenir d'une réunion qui avait lieu en l'honneur de cette glorieuse maison d'Orange qui est le soutien de votre indépendance et de vos libertés.

Quant à mes compatriotes, je ne puis que les féliciter de se trouver parmi vous pendant ces trois journées de fête et de vous avoir pour guides dans votre beau pays. Avec eux, je forme des vœux sincères pour la prospérité de la Hollande.

Après ces trois discours qui se sont terminés chacun au milieu d'applaudissements enthousiastes, on a bu le vin d'honneur : des plateaux chargés de coupes de champagne ont circulé à plusieurs reprises dans les rangs de l'assemblée et ont provoqué, entre Hollandais et Français, les échanges les plus chaleureux de témoignages de sincère sympathie.

Puis, la parole a été donnée au savant Ingénieur du ministère du Waterstaat, M. Repelaer van Driel, qui, dans une très belle conférence dont je vais reproduire le texte, nous a donné un fort attrayant aperçu des importants travaux que nous avions à visiter et auxquels se rapportaient la plupart des tableaux et dessins qui étaient exposés dans la salle de la réunion.

Discours de M. Repelaer van Driel :

M. le Président vient de me donner la parole afin que je vous décrive, en quelques mots, les travaux publics que nous nous proposons de visiter ensemble.

L'étendue du sujet et le peu de temps disponible ne me permettent de vous donner qu'une description peu détaillée.

La ville que nous espérons visiter demain est située à la rivière, dite la nouvelle Meuse. L'embouchure de cette rivière formait, au commencement de ce siècle, l'accès principal de la mer à Rotterdam. Pourtant cette embouchure ne pouvait servir qu'à des navires d'un tirant d'eau de 3 *m* à 3,50 *m*.

Pour subvenir aux exigences de la navigation, on creusa en 1830 un canal à travers l'île de Voorne. Pendant nombre d'années ce canal a contribué à la prospérité de Rotterdam, mais les dimensions toujours plus grandes des navires et le développement de la navigation à vapeur au long cours nécessitaient une nouvelle communication avec la mer. Quoique les dimensions du canal pussent à la rigueur suffire aux

besoins du trafic d'il y a une quarantaine d'années, les changements du Goereesche gat, situé à l'extrémité sud du canal, barraient le passage aux vaisseaux d'un tirant d'eau d'environ 5 *m*. D'ailleurs, ce n'était que par un grand détour qu'on pouvait gagner Rotterdam.

Afin de pouvoir faire concourir Rotterdam avec d'autres ports de mer de l'Europe occidentale et d'y établir une navigation transatlantique, le gouvernement, approuvant le projet de l'ingénieur P. Calant, se décida à relier la partie de la nouvelle Meuse, dite le Scheur, à la mer par une nouvelle embouchure à travers le Hoek van Holland. (Hoek van Holland traduit littéralement signifie pointe ou coin de la Hollande.)

Les travaux pour la construction de cette nouvelle voie fluviale comprennent trois parties, savoir :

1° Les jetées ;

2° La coupure ;

3° L'amélioration de la partie de la rivière entre la coupure et la ville.

On a construit des jetées des deux côtés de l'embouchure. Elles s'avancent en mer ; la jetée du nord est de 2 000 *m* celle du sud de 2 300 *m*.

Le profil en travers de la jetée du nord est représenté sur ce tableau.

La largeur de sa partie supérieure est de 8 *m*. Le corps de la jetée, formé de plates-formes de fascines est établi d'après un talus de 1 *m* sur 1 *m* du côté de la mer, de 1,25 *m* sur 1 *m* du côté de l'entrée. Des enrochements recouvrent le massif.

Autrefois l'emploi des grandes plates-formes en fascines était tout à fait spécial aux Pays-Bas et aux provinces de la Belgique, qui en sont limitrophes. Ces plates-formes se composent d'un matelas de fascinages entre deux grillages de fascines liés ensemble par des cordons ; elles présentent une grande flexibilité et sont en même temps très solides. Pour la construction on choisit toujours un emplacement sur la rive, à niveau intermédiaire entre la basse et la haute mer, afin qu'après leur achèvement on puisse les faire flotter à la marée montante.

Les jetées ont été achevées en 1875. Elles présentent le premier exemple de travaux de cette nature s'avançant à la mer. A la même époque était achevé le barrage du Scheur ayant pour but de rejeter la rivière dans la nouvelle embouchure.

Cette embouchure, coupée à travers le Hoek van Holland, s'étend depuis le rivage jusqu'à l'ancien lit du Scheur, sur une longueur d'environ 5 000 *m*. La coupure a été projetée de manière à présenter 900 *m* de largeur, entre les digues. Quoique les dunes ne présentassent que l'élévation de 10 *m* aux abords de la mer, il va sans dire que le cube à enlever pour un canal de 5 *km* et d'une largeur de 900 *m* serait immense et aurait donné lieu à une très forte dépense. Mais d'une part, on s'est borné à ouvrir la coupure sur une longeur de 200 *m;* d'autre part, l'ouverture pratiquée à main d'homme n'a été opérée que sur une partie de la largeur et jusqu'à une profondeur de 4 *m* au-dessous des basses mers. Le courant s'est chargé d'élargir la première percée et, sous l'action des eaux, la profondeur dans la tranchée s'est si rapidement accrue, qu'en peu de temps elle a atteint 10 *m* et au delà.

Mais ces grandes quantités de sable emportées de la tranchée se répandant dans le grand espace entre les jetées, se sont précipitées et ont formé

près de l'embouchure un seuil, qui semblait devoir empêcher tout augmentation de profondeur. On acquit la conviction qu'il faudrait venir en aide à la nature si l'on ne voulait pas voir échouer toute l'entreprise.

C'est pour cette raison qu'en 1880 le Gouvernement, d'après les propositions d'une Commission, se décida à effectuer l'élargissement et l'approfondissement voulus, non par les courants de la marée, mais exclusivement par des travaux de creusement et de dragage. Afin d'augmenter la vitesse de l'eau entre les jetées, de maintenir de cette manière l'approfondissement acquis, et enfin pour empêcher la formation des bancs de sable, l'embouchure fut rétrécie par la construction d'une troisième jetée à 200 *m* de la jetée sud et parallèle à celle-ci.

Des travaux considérables furent exécutés pour élargir et rectifier la rivière entre la coupure et la ville.

En creusant et en draguant on a enlevé sur tout le parcours de la nouvelle voie fluviale environ 40 millions de mètres cubes; la dépense totale s'élèvera probablement à 70 000 000 *f.*

Les résultats favorables ne se sont pas fait attendre. La profondeur minimum dans le chenal entre et devant les jetées augmenta de 4 *m* à marée basse en 1882 jusqu'à 7,50 *m.*

La ligne des profondeurs de 10 *m* à marée basse le long de la côte s'est maintenue. Il n'est pas question de la formation d'un seuil ou banc près des jetées.

L'amplitude de la marée dans l'embouchure étant de 1,60 *m* le chenal offre un mouillage d'environ 8 *m* à marée haute.

Il va sans dire que la ville de Rotterdam, afin de pouvoir recevoir les vaisseaux, dont le nombre augmente toujours, a dû élargir ses ports et ses établissements. Je n'essaierai pas de vous décrire ni même d'énumérer les ports qu'on a construits d'une part pour la navigation transatlantique, de l'autre pour celle de l'intérieur.

Après avoir obtenu en 1882 trois ports près de la gare maritime de Feyenoord, le conseil municipal se décida à faire creuser un nouveau port, d'une surface de 21 *ha.*

Je fixerai votre attention sur le fait que Rotterdam est le seul port de mer de l'Europe occidentale, qui, pendant l'hiver rigoureux que nous venons de passer, a toujours été accessible aux gros navires. La glace n'a pas empêché un moment le mouvement de ces vaisseaux. Pourtant le froid de l'année dernière a fait du tort, car, malgré différentes précautions l'eau s'est congelée dans les tubes des machines hydrauliques. Afin d'éviter cet inconvénient on a fait construire des grues, qui seront mises en mouvement par l'électricité; elles sont situées sur un quai, où une pierre commémorative vient d'être posée par la jeune Reine, dont la nation fête aujourd'hui le jour de naissance. Ce quai sera le premier en Europe muni de machines électriques.

Je ne vous citerai pas une quantité de chiffres pour vous donner une idée du mouvement commercial vraiment immense de Rotterdam. Permettez-moi seulement de vous dire qu'en 1890, 4 500 vaisseaux y sont entrés par la voie fluviale et que la jauge nette était de près de 3 000 000 *tx.*

En outre, vous pourrez consulter ces tableaux, qui vous donneront une idée du développement du trafic.

Rotterdam est surtout un port de transit. 26 gros navires de mer peuvent transborder en même temps et en toute sécurité.

La rivière qui met Rotterdam en communication avec nos frontières orientales est représentée sur les 14 planches qui occupe le fond de cette salle. On désire obtenir un mouillage de 2,70 *m* et plus tard, si possible, de 3 *m* à la cote basse de 1,50 *m* à l'échelle de Cologne. Pour atteindre ce but sur toute la longueur du chenal, la largeur des sections courbes doit surpasser la largeur des sections rectilignes. Ce système d'amélioration de rivières fût appliqué avec succès par l'inspecteur général des ponts et chaussées Fargue sur la Gironde et la Garonne.

Encore un mot au sujet des chemins de fer :

Rotterdam forme tête de ligne des chemins de fer Rhénan et Hollandais. Le chemin de fer de l'État relie cette dernière ligne avec les provinces du sud, la Belgique et la France. Comme vous l'aurez remarqué en venant ici, le chemin de fer par Rotterdam, après avoir passé la Meuse, est établi sur viaduc. Quoique ce système soit très coûteux on a dû l'adopter afin d'éviter le passage des rues à niveau et de pouvoir construire le pont fixe sur la Meuse à telle hauteur que nombre de bateaux à vapeur et à voile puissent y passer librement.

L'emplacement où on a construit le pont de chemin de fer et celui des piétons, voitures, etc., formait autrefois la limite entre la navigation transatlantique et celle de l'intérieur.

Les fondations des deux piles de chacun des deux ponts sur la Meuse ont été descendues directement sur le terrain solide dans des caissons au moyen d'air comprimé. Lors de la construction du pont pour les piétons, voitures, etc., un accident a eu lieu à une des piles.

Lorsque le caisson avait été mis en place et qu'on avait commencé la maçonnerie sur le plancher de la chambre de travail, il se renversa vers le sud, brisa l'échafaudage et pénétra d'un côté dans le sol de la rivière. L'axe verticale du caisson formait un angle de 45° avec l'horizon. Probablement une plate-forme en fascines, chargées de grosses pierres ou bien des pilotis de l'échafaudage ont arrêté la descente du côté inférieur et septentrional du caisson.

Le flux remit la pile presque dans sa position verticale, mais il parut impossible de la conserver.

Après avoir pris pendant quelques jours une position inverse, c'est-à-dire qu'elle s'était inclinée vers le nord, la pile reprit sa position, représentée sur ce croquis.

Le côté supérieur et méridional du caisson étant submergé, il n'y avait pas moyen de rehausser l'enveloppe en tôle. On se décida alors à construire une charpente, qui au fond n'était qu'une cuve en bois dans le caisson. En épuisant l'eau, se trouvant au-dessus de la chambre de travail, on releva le caisson, lequel reprit sa position verticale et la place voulue.

En bateau à vapeur nous longerons la ville la plus ancienne de la Hollande, Dordrecht. Le pont métallique du chemin de fer de l'État est remarquable. Il est composé de quatre travées de 60 à 90 *m* et de deux ponts tournants, dont le plus grand est disposé pour deux passages d'au moins 20 *m*.

La superstructure des ponts fixes se compose de travées indépendantes, dont les deux poutres de tête ont leurs semelles inférieures horizontales et leurs semelles supérieures elliptiques de manière à présenter la forme de solides d'égale résistance. Les deux semelles de chaque poutre sont reliées entre elles par des montants verticaux et par des barres diagonales inclinées de part et d'autre vers le milieu de la poutre. Elles ne sont croisées par des barres en sens contraire que dans la partie centrale. La hauteur des poutres de 90 *m* est de 12,50 *m* ou du septième de la longueur.

Si le temps disponible le permet, le pont sur le Hollandsch Diep près du Moerdijk sera aussi visité. Quatorze travées, ayant chacune une longueur d'environ 100 *m*, forment ce pont, qui longtemps a été le plus long de l'Europe.

Quoique cette construction soit très intéressante sous plusieurs rapports je me bornerai à vous indiquer le moyen employé pour mettre en place les travées. La grande profondeur du bras de mer rendait la construction d'échafaudages entre les piles trop coûteuse. On a habilement mis à profit l'action des marées. Après avoir monté une superstructure sur la rive on amenait au-dessous d'elle, à mer basse, par de petits canaux, ouverts à cet effet, des pontons qui soulevaient la construction à haute mer. Comme l'amplitude d'une marée était loin de suffire pour soulever la travée au-dessus des piles on la faisait ensuite reposer sur l'échafaudage rehaussé. En répétant plusieurs fois cette manœuvre on portait la travée à la hauteur voulue.

A la marée montante on la conduisait à son emplacement définitif sur les pontons. Pendant le reflux, la construction, en descendant peu à peu, était posée sur ses piles.

Après-demain nous espérons vous accompagner en visitant Ymuiden.

On ne saurait méconnaître une certaine analogie entre les moyens qu'on a choisis successivement pour mettre Rotterdam et Amsterdam en communication avec la mer.

Le Zuiderzée, qui au commencement de ce siècle était encore la seule voie d'accès au port d'Amsterdam, offrait de très grands obstacles pour la navigation, parce que l'envasement s'y accroît d'une manière rapide et qu'on trouve à l'entrée du golfe de l'Y une barre dangereuse, le Pampus. Pour faire traverser aux grands bâtiments cette barre on avait recours à des bateaux auxiliaires ou chameaux, qui s'adaptaient aux flancs de chaque navire et le soulevaient à mesure qu'on épuisait l'eau, dont on les avait d'abord remplis.

Le canal de la Hollande septentrionale, dont la conception remonte à l'Empire, fut creusé entre 1819 en 1825 et rendit divers services à la navigation.

Le grand détour, qu'on devait faire pour doubler la pointe du Helder et les dimensions trop restreintes des écluses de ce canal ont contribué à la réalisation d'une idée déjà émise en 1831 et étudiée par le roi Guillaume I^er^, c'est-à-dire de mettre Amsterdam en communication avec la mer en coupant le terrain entre la mer et le golfe de l'Y, par la partie, appelée Holland op zijn Smalst, c'est-à-dire la plus étroite partie de la Hollande. Ce canal n'a que 26 *km* de longueur, tandis que la distance

de l'embouchure du canal, jusqu'au Helder et de là à Amsterdam est de 140 à 150 *km*.

Les frais très élevés en ont longtemps empêché l'exécution.

Enfin un pas décisif vers la réalisation a été fait par une nouvelle combinaison, d'après laquelle le golfe de l'Y serait barré par une digue à l'est d'Amsterdam. D'une part on y trouvait l'avantage de mettre à l'abri de graves dommages, causés par les marées de tempêtes, une partie de cette ville, et d'autre part on se procurait la possibilité de dessécher toutes les parties du golfe de part et d'autre du canal. Le produit de la vente de ces terrains diminuait les frais de l'entreprise.

Par la création des écluses à Ymuiden et du barrage à Schellingwoude le golfe de l'Y est devenu un lac, dont le niveau est fixé à peu près au niveau de la basse mer moyenne dans le golfe. De puissantes machines d'épuisement, établies vers l'extrémité nord du barrage, ont pour but de déverser dans le Zuiderzée les eaux intérieures en excès et d'assurer ainsi le maintien du niveau fixe.

Au moyen de jetées on a dû créer en pleine mer un port. Ces jetées s'avançant à près de 1 500 *m* du rivage, jusqu'à la profondeur de 8 *m* à basse mer, sont espacées à leur origine de 1 200 *m* mais convergent de manière que l'ouverture entre les musoirs ne présente qu'une largeur de 260 *m*.

Le corps de chaque jetée — comme vous pouvez voir en examinant cette coupe transversale — est formé de blocs de béton et repose sur une large couche d'enrochements en basalte. La largeur au sommet de la jetée du nord varie entre 6,10 *m* et 8,20 *m*. Les blocs cubent environ 5 *m* et pèsent 10 000 *kg* et davantage. Malgré ces dimensions on a dû fortifier la jetée du nord au moyen d'enrochements en béton et en granit. Les vents du nord-ouest l'avait fortement endommagée.

En entrant dans le canal du côté ouest on passe les écluses de la mer du Nord.

Elles comprennent:

1° Une grande écluse ayant 120 *m* de longueur utile et 18 *m* de largeur;

2° Une petite écluse, dont les dimensions correspondantes sont 70 *m* et 12 *m*, et enfin,

3° Une écluse de 33 *m* de longueur et de 10 *m* de largeur, exclusivement pour la décharge pendant le reflux de l'eau provenant des terrains et polders environnants.

Le seuil de la grande écluse se trouve à 7,25 *m* au-dessous du niveau fixe du canal.

Le développement du commerce d'Amsterdam nécessitait une écluse de plus grandes dimensions.

Vous verrez qu'on est occupé à la construire. L'écluse aura une largeur de 25 *m* et une longueur utile d'environ 200 *m*. Au moyen de portes intermédiaires on peut diviser cette écluse en deux compartiments d'environ 40 et 112 *m*.

Le seuil se trouvera à 9,50 *m* sous le niveau fixe du canal, de sorte que des vaisseaux d'un tirant d'eau de 9 *m* pourront y passer.

Comme je l'ai dit tantôt on a desséché les parties du golfe situées à

côté du canal. Pour la communication des villes situées au bord de l'Y entre elles et avec la mer, des embranchements du canal principal ont été creusés.

Le terrain desséché, comme une grande partie de la Hollande septentrionale, est situé au-dessous du niveau de la mer. Au moyen de digues une grande partie des Pays-Bas est défendue contre la mer. C'est l'eau que nous autres, Hollandais, nous combattons presque journellement, mais c'est aussi à l'eau que nous devons notre commerce et notre prospérité.

M. Repelaer van Driel descendit de sa chaire de conférencier au milieu des applaudissements les plus flatteurs, et M. le Président Conrad le remercia chaleureusement du savant exposé qu'il venait de faire d'une façon si remarquable.

Pour ajouter à notre collection de souvenirs, on distribua le texte imprimé de la communication que nous venions d'entendre; après quoi, sur l'invitation qui nous en fut faite, tous les assistants tournèrent le dos à l'estrade pour permettre à un photographe, placé à l'extrémité de la salle, de prendre une vue générale reproduisant l'imposant aspect de cette mémorable séance, qui fut levée à trois heures.

Visite à Scheveningue : usine d'électricité. — Nous ne perdîmes pas une minute pour nous rendre à quelques pas du palais des Arts et des Sciences, de l'autre côté de l'ancien canal extérieur, à la gare de la Compagnie du chemin de fer de l'État, où un train spécial du tramway à vapeur nous attendait pour nous conduire à la plage de Scheveningue.

Le tramway côtoie le canal jusqu'à la sortie de La Haye en longeant d'abord l'entrée du *Bois*, cette merveilleuse promenade dont nous ne voyons en passant que l'extrémité de la belle avenue *la Chaussée*, qui le traverse dans toute sa longueur, et les deux grandes prairies de droite et de gauche, le *Kœkamp*, peuplé de troupeaux de cerfs et de biches, et le *Maliebaan*, où les troupes font la manœuvre et où devra se tirer, le soir, le feu d'artifice auquel nous avons été invités. A la suite, vient le Jardin zoologique et botanique; bientôt on pénètre dans les dunes qui commencent à se couvrir de villas et d'hôtels et, après vingt minutes pour accomplir ce trajet de 7 à 8 *km*, nous sommes arrivés derrière le Kurhaus de Scheveningue.

En descendant du train, il nous a été offert d'aller visiter l'usine d'électricité du tramway électrique dont nous avions vu les voi-

tures suivre un chemin très sensiblement parallèle au parcours de notre tramway.

Cette usine occupe un bâtiment neuf très voisin du débarcadère du tramway-vapeur. En entrant, on se trouve dans la remise des voitures qui y ont accès par deux voies parallèles sur fosse, de manière à rendre facile la visite de la partie mécanique qui est placée au-dessous de la caisse. Les voitures sont à deux bogies de deux essieux chacun : celui de l'arrière porte sur ses essieux tout le mécanisme propulseur ; il a ses roues couplées, et l'un des essieux est commandé par engrenage par une dynamo motrice à laquelle le courant est transmis, non par les balais ordinaires en cuivre, mais par des charbons pressés contre le collecteur au moyen de ressorts. Le courant est fourni par des accumulateurs Jullien placés sous les banquettes des voitures dans des compartiments s'ouvrant de l'extérieur. Il y a par voiture 8 caisses de 24 accumulateurs du poids de 18 *kg*, ce qui fait ensemble 3 500 *kg* environ.

La transmission du courant se fait, de la batterie des accumulateurs à la dynamo, par un système de commutateur qui reste sous la main du conducteur du tramway, et à l'aide duquel il peut, à volonté, prendre la force à tel nombre d'éléments qu'il veut, de manière à pouvoir régler la vitesse de sa voiture ; comme il peut aussi changer le sens du courant pour produire la marche en arrière.

L'électricité est fournie aux accumulateurs par trois dynamos génératrices *Silvertown* de chacune 450 wolts 70 ampères, placées dans la salle des machines qui est à la suite de la remise des voitures et dans laquelle il y a une quatrième dynamo motrice de secours : c'est là que sont installés les moteurs qui consistent en deux machines à vapeur horizontales à condensation, à soupape et à détente commandée par le régulateur, de la force de 200 chevaux chacune.

Nous avons assisté au remplacement des accumulateurs d'une voiture ; l'opération s'est faite en moins de cinq minutes, grâce à une organisation bien entendue, qui comprend d'abord un banc de chargement, régnant tout du long de chaque côté des deux voies de la remise des voitures, et dont la hauteur correspond à celle du plancher des compartiments qui renferment les accumulateurs. Ceux qu'il s'agit de remplacer sont extraits de leur compartiment et amenés sur le banc de chargement en roulant sur les galets d'un pont mobile, au bout duquel ils arrivent sur une

plaque tournante; là, un quart de tour les met dans le sens de la ligne longitudinale de galets roulants qui les mène à l'extrémité du banc, sur une autre plaque tournante et un pont mobile, sur lesquels une caisse d'accumulateurs en charge se substitue à celle des accumulateurs épuisés, et ainsi de suite.

Chaque voiture n'a besoin d'être rechargée qu'après avoir fait cinq à six fois le trajet de Scheveningue au Plein, aller et retour, soit après un parcours d'environ 60 *km*. Six voitures suffisent au trafic ; leur vitesse moyenne de 15 *km* à l'heure, temps d'arrêts compris, correspond à une durée de vingt minutes pour le trajet simple : une voiture transporte 34 voyageurs en première classe à raison de 15 cents, et 34 en deuxième classe à raison de 10 cents.

L'intérêt qu'a présenté cette visite nous a fait lui consacrer un peu plus de temps qu'on ne l'avait prévu ; aussi nous n'avons pu aller voir, à quelques pas plus loin, l'établissement hydraulique dont les pompes fournissent à La Haye l'eau d'alimentation puisée dans la nappe d'infiltration des dunes; et il ne nous a été permis aussi que de consacrer quelques instants à la vue de cette plage magnifique, toute de sable fin, qui a inspiré déjà tant de peintres illustres hollandais et français, et à laquelle, grâce au grand talent de M. Mesdag, il nous semblait faire déjà une seconde visite. Absorbés par le spectacle grandiose et toujours si impressionnant de l'immensité de l'Océan qui se développe là dans toute sa majesté, et sans que d'aucun côté rien ne vienne limiter l'horizon, nous avons à peine jeté un simple coup d'œil sur les bâtiments et la grande terrasse-promenoir de l'élégant Kurhaus qui borde la mer, sur les hôtels et les riantes villas qui peuplent ce site enchanteur, sur la brillante réunion de promeneurs auxquels la fête de la Reine avait permis de venir en foule se mêler aux nombreux baigneurs que la beauté et les agréments de cette incomparable station attirent chaque année de tous les points de l'Europe.

Il nous fallait vite revenir à La Haye, pour pouvoir nous rendre à cinq heures et demie au grand dîner de gala qui nous était offert au Vieux Dœlen. Heureusement, nous avons trouvé, devant le Kurhaus, plusieurs voitures du tramway à chevaux qui nous étaient spécialement réservées et qui nous ont ramenés grand train à l'hôtel.

Ces voitures sont à impériale, et cela se comprend, car on choisit certainement ces places de préférence à celles de l'intérieur pour jouir de la ravissante promenade que la ligne parcourt

depuis la plage jusqu'à La Haye et qu'on appelle *Scheveningsche boschjes (les bosquets de Scheveningue).* Tout le trajet s'effectue sous une véritable voûte de feuillages, longeant une grande avenue suivie par la foule et les équipages, et bordée à droite et à gauche par de riantes maisons de campagne, des parcs fleuris, des jardins élégamment dessinés ; et dans La Haye, on ne traverse que les riches quartiers neufs, la place de 1813, etc., que nous avions parcourus le matin.

Banquet au Vieux Dœlen. — Nous avons endossé à la hâte l'habit de cérémonie, puis gagné l'hôtel du Vieux Dœlen où nous attendait une brillante réunion des membres de l'Institut royal au nombre de soixante-seize. En pénétrant dans la belle salle du banquet, nous avons été littéralement éblouis par l'aspect féerique de cette imposante table de cent dix-huit couverts, disparaissant sous un véritable tapis de fleurs et de feuilles artistement jonchées sur la nappe, et au milieu desquelles se jouait d'une façon merveilleuse, sous l'éclat des lumières, le scintillement des cristaux et d'une somptueuse argenterie. Les murs étaient magnifiquement décorés de vieilles tapisseries, de trophées, de drapeaux aux couleurs des deux nations ; devant nous, les bustes de la jeune reine Wilhelmine et de la Reine Régente ; à chaque couvert une fleur naturelle pour parer les boutonnières et une autre petite fleur artificielle de couleur orange, montée en épingle, souvenir de la fête anniversaire qui se célébrait ce même jour. Pendant toute la soirée un orchestre militaire, dissimulé derrière les tentures, a fait entendre les airs nationaux de Hollande, *la Marseillaise*, et les plus beaux morceaux de son répertoire.

Je regrette de ne pouvoir faire passer ici sous vos yeux l'original du menu, véritable œuvre artistique dont l'ingénieux arrangement et l'exécution bien soignée font le plus grand honneur à son auteur, M. S. Lankhout, de La Haye. Le festin était présidé par M. Conrad qui avait à sa droite notre président, M. Polonceau. Il est inutile de dire que pendant toute sa durée la cordialité la plus animée n'a cessé de régner parmi les convives, cela d'autant mieux que tous nos hôtes sans exception parlent notre langue avec la plus grande facilité.

Au dessert, M. le Président Conrad, après avoir demandé le silence, s'exprima en ces termes :

Quand les membres de l'Institut royal des Ingénieurs néerlandais se trouvent réunis en un banquet, le premier toast est dédié, selon les usages du pays, au souverain de l'État.

Cependant ce n'est pas seulement pour suivre cette coutume que j'ai l'honneur de prendre la parole, mais parce que je suis persuadé, Messieurs, que vous désirez saisir cette occasion d'exprimer vos sympathies à LL. MM. la Reine et la Reine Régente des Pays-Bas.

Notre jeune Reine Wilhelmine, qui fête aujourd'hui, saluée par tout le peuple néerlandais, son jour de naissance, s'est déjà acquis, par son amabilité et sa courtoisie, l'amour, le respect et le dévouement de la nation entière ; et son auguste Mère, la Reine Régente Emma, qui nous gouverne sous la devise royale : « JE MAINTIENDRAI » guide les pas et le développement intellectuel de sa bien-aimée fille, notre Reine future, avec une sagesse et une prudence que nous admirons au plus haut degré.

Je vous propose donc, Messieurs, de boire à la santé de Leurs Majestés, notre gracieuse Reine Wilhelmine et son auguste Mère la Reine Régente Emma.

Toute l'assistance, qui s'était respectueusement levée dès les premiers mots, répondit à ces paroles par de bruyants vivats ; l'orchestre joua l'Hymne national néerlandais dont nos hôtes entonnèrent les paroles avec un entrain plein de patriotisme.

Puis, M. Conrad continua par ces paroles dites avec un accent de sympathie sincère qui nous toucha profondément :

Je désire continuer mon toast en vous proposant d'exprimer notre sympathie cordiale à la France et à S. Exc. M. Carnot, Président de la République française, la belle patrie de nos amis qui assistent à ce banquet.

Vous porterez ce toast, j'en suis persuadé, avec d'autant plus d'enthousiasme qu'il s'agit non seulement du personnage éminent placé par le choix de ses compatriotes à la première place de l'État, mais aussi parce que nous allons rendre hommage à un de nos confrères, ancien élève de l'École Polytechnique de Paris.

Nous devons le remercier d'avoir su, par son talent et sa sagesse, faire rendre un tel hommage à un membre de notre corporation et particulièrement à tout le corps des Ingénieurs français.

Notre ancien collègue (et dans une audience que M. le Président Carnot a bien voulu m'accorder, j'ai acquis la conviction qu'il est fier de ce titre), a prouvé que, sous son éminente conduite, la France prospère aux points de vue matériel, intellectuel et artistique.

Je vous propose donc, Messieurs, de boire à la santé de S. Exc. le Président de la République française, M. Sadi Carnot (1).

L'enthousiame fut à son comble, Hollandais et Français accompagnèrent *la Marseillaise* que l'orchestre fut obligé de répéter à plusieurs reprises ; les verres s'entrechoquaient, les vivats les plus bruyants en l'honneur de la France et de la Hollande se répon-

(1) Ces toasts ont été, séance tenante, transmis télégraphiquement à S. M. la Reine Régente et à M. le Président Carnot.

daient sans cesse au milieu des plus chaudes poignées de main : le spectacle était grandiose et bien touchant !

Quand le calme put enfin se rétablir, M. Polonceau prononça les quelques paroles suivantes :

Je remercie M. Conrad de son toast sympathique à la France et à M. Carnot. J'ajoute que les bonnes choses peuvent se répéter, et je propose de vider nos verres à la santé de Sa Majesté la Reine des Pays-Bas et de son auguste Mère.

Des bravos prolongés accueillirent ces dernières paroles, puis commença une série de toasts qui furent chaque fois couverts d'applaudissements répétés, et que je transcris dans leur ordre :

Toast de M. Halbertsma.

Heureux d'être membre des deux Sociétés d'ingénieurs réunies ici, je veux simplement rappeler que le «Oude Doelen» *(Vieux Doelen)* est l'endroit où se tenaient autrefois les tournois. C'est ici qu'ont été rompues bien des lances, sous la domination magnifique des ducs de Bourgogne et sous le stathoudérat des premiers Nassau. Ici se dresse encore la tour du Vieux Doelen : « Édifice honneste donné par Charles le Téméraire aux » confréries de Saint-Georges pour eux y pouvoir retraire, recevoir gens » de bien et s'y exercer à l'usage du jeu d'arbalètes ».

Le temps des chevaliers d'armes est passé, mais aujourd'hui c'est le tournoi de l'intelligence, et ce tournoi des Ingénieurs réunis ici rappelle ceux de 1889 tenus dans la tour de 300 *m*.

Je bois aux Ingénieurs français.

Réponse de M. Polonceau.

Je remercie M. Halbertsma, et je regrette de ne pouvoir mieux lui exprimer mes sentiments. Je propose de boire un toast à M. Mesdag, l'artiste universellement connu, que nous regrettons de savoir empêché d'assister à ce dîner, auquel il avait été invité.

Toast de M. Huygen, Ingénieur civil à Rotterdam.

Je bois à Camille Polonceau, le grand Ingénieur, et à son neveu, le Président actuel de la Société des Ingénieurs civils.

Toast de M. Cluysenaer, Directeur général des chemins de fer de l'État.

Je propose de porter un toast à la santé des Ingénieurs absents qui se trouvent à l'étranger.

A ce moment il nous fut donné lecture de l'intéressant télégramme suivant qui venait d'arriver de Padang (Indes Néerlandaises) :

De Sumatra aux collègues réunis en fraternel banquet, salut et amitiés. *Signé :* Yjzerman et Post (1).

(1) On remercia de suite MM. Yjzerman et Post par un télégramme qui leur a fait grand plaisir, comme ils l'ont témoigné dans une lettre.

Et nous avions en même temps l'agréable surprise de voir entrer dans la salle du dîner, en leur grand uniforme officiel, notre ministre de France, M. L. Legrand, accompagné de M. le ministre du Waterstaat, du Commerce et de l'Industrie, M. C. Lely, qui nous firent l'honneur de prendre place à la présidence du banquet auquel ils auraient assisté, dès le début, comme nous le savions, s'ils n'avaient été obligés de prendre part à un dîner officiel qui avait eu lieu au Ministère des Affaires étrangères, en l'honneur de l'anniversaire de S. M. la Reine Wilhelmine.

En faisant asseoir à côté de lui ces deux éminents personnages, M. le Président Conrad s'exprima ainsi :

Je remercie ces messieurs d'avoir bien voulu quitter un moment la réunion officielle qui les retenait pour venir se joindre à nous, et je porte la santé de M. Legrand, ministre plénipotentiaire de la République française :

Ce toast souleva de nouveau les bravos les plus frénétiques et les Hymnes nationaux néerlandais et français retentirent de plus belle dans la salle.

M. le Ministre plénipotentiaire de France répondit :

Je remercie M. Conrad des paroles sympathiques qu'il vient de prononcer ; je suis heureux à mon tour de pouvoir, en ce jour de l'anniversaire de la reine des Pays-Bas, faire des vœux pour que son règne soit de longue durée et qu'elle voie augmenter la prospérité pacifique des Pays-Bas. La France y applaudira de tout cœur.

Puis M. le Président Polonceau prononça ces quelques mots :

Je remercie M. Lely, ministre du Waterstaat, ainsi que notre Ministre plénipotentiaire. M. Legrand, d'avoir bien voulu, à l'occasion de notre visite en Hollande, venir eux-mêmes nous donner ce témoignage de sympathie ; les Ingénieurs français leur en sont profondément reconnaissants,

M. le ministre Lely répondit :

Je bois à tous les Ingénieurs français et néerlandais.

Et la succession des toasts continua :

Toast de M. Michaëlis, Directeur des Chemins de fer de l'État.

Messieurs, le Président de l'Institut m'a enjoint de porter un toast. En général j'aime mieux me taire ; mais cette fois-ci, il faut que je le dise, l'ordre que j'ai reçu me fait bien plaisir, puisqu'il me procure le bonheur de vous souhaiter la bienvenue.

Nous sommes heureux, Messieurs les Membres de la Société des Ingénieurs civils, de vous voir parmi nous. Le Président l'a dit ce matin, depuis longtemps des liens d'amitié unissent nos deux Sociétés; et l'accueil charmant et délicieux que vous nous avez fait lorsque, il y a deux ans, grâce à votre aimable invitation, nous avons visité Paris, a encore resserré ces liens. J'espère bien que votre visite ici, qui nous fait tant de plaisir, aura le même résultat.

Parmi les Sociétés savantes la vôtre, qui au nombre de ses membres compte des hommes si distingués, porte un nom des plus honorables, et nous sommes fiers de pouvoir vous nommer nos amis; le Président et moi nous sommes encore plus fiers d'avoir été nommés membres honoraires de votre Société; et nous en sommes très heureux, puisque, par cette nomination, nous sommes des vôtres.

Messieurs, je bois à votre bonheur et à la gloire de votre Société. Je voudrais pouvoir d'ici trinquer avec vous, mais mon bras n'est pas assez long pour cela; je me bornerai à boire à votre bien-être en trinquant avec votre digne Président.

Toast de M. le baron Sadoine.

Je bois aux Ingénieurs néerlandais et français qui se trouvent à l'étranger.

M. Teding van Berkhout a proposé, dans des termes fort humoristiques et pétillants d'un esprit tout à fait gaulois, de porter un toast en l'honneur des dames.

Toast de M. Lippmann.

Je remercie M. le Président Conrad de vouloir bien me déléguer l'honneur de prendre aussi la parole dans cette brillante assemblée. Je suis sous l'impression, sous le charme de l'hospitalité qui nous est si cordialement offerte. Un grand nombre de nos collègues n'ont pu nous accompagner pour des motifs divers; ils en seront bien peinés quand nous leur rendrons compte de notre intéressant voyage, et quand nous leur dirons la façon aimable et grandiose avec laquelle nous avons été reçus par vous. Le seul moyen d'atténuer leurs regrets, c'est de leur faire une description aussi exacte que possible de tout ce que vous allez nous faire voir dans votre merveilleux pays. C'est à moi que cette tâche est dévolue : j'en suis heureux, parce que je sais que, pour la mener à bien, je puis compter sur l'obligeant concours de ceux d'entre vous avec lesquels nous avons eu déjà le plaisir d'être mis en rapports directs. Je tiens à les en remercier à l'avance, et c'est pour cela que je porte plus spécialement la santé de M. Tideman, le sympathique secrétaire de l'Institut royal, et celle des membres de votre Commission d'organisation qui, dès notre arrivée, nous ont guidés avec tant de bonne grâce.

Toast de M. Tideman, Secrétaire de l'Institut.

J'offre à M. Lippmann mes remerciements sincères pour ses paroles gracieuses. Je veux y ajouter quelques mots et fixer l'attention de nos hôtes sur le portrait qui décore la salle du diner. C'est le portrait de M. F.-W. Conrad, l'oncle de notre président actuel, et l'un des fondateurs, en 1847, de l'Institut des Ingénieurs qui a conquis en 1848 le titre de « Royal ». La *Société des Ingénieurs civils* date de la même année 1848. On peut donc considérer les deux institutions comme jumelles. Je bois à la prospérité permanente de ces deux sœurs jumelles.

Réponse de M. Polonceau.

Je remercie M. Tideman de ce qu'il vient de dire et pour clore la série des toasts après une si cordiale et si belle réception, je m'écrie à mon tour : « Vive l'Institut des Ingénieurs néerlandais, vive son président! »

Concert au Bois. — En sortant du Vieux Dœlen on nous conduisit aux tribunes du Maliebaan, où nous avons assisté à un feu d'artifice qui, malgré le mauvais temps, avait attiré une foule considérable et a été bien réussi ; et, pour achever le programme de la journée, nous nous sommes rendus ensuite au pavillon de la *litteraire Societait*, dans le kiosque duquel, deux fois par semaine, *la Chapelle* des grenadiers et chasseurs de la Reine fait entendre d'excellente musique. Ce pavillon est situé dans ce fameux Bois, cette magnifique promenade dont les habitants de La Haye s'enorgueillissent : ils ont bien raison d'en être fiers, car ils possèdent là comme un vieux et rare joyau qui n'a pour pendant que le vieux bois de hêtres de Haarlem, tous deux les seuls et derniers vestiges de ces forêts antiques qui bordaient tout le littoral occidental du pays et formaient barrière contre l'envahissement du sable des dunes.

Ces bois couvraient toute la région, depuis la mer du Nord jusqu'à la rive occidentale de l'ancien lac Flevo, qui se trouvait dans les provinces d'Utrecht et d'Over-Yssel et qui a disparu lors de la fameuse inondation de 1225, en devenant la pointe méridionale du grand golfe du Zuyderzée.

La disparition de ces antiques forêts est due à de nombreux et très variés cataclysmes, mais surtout aux affaissements géologiques et aux irruptions de terrains de transports, de blocs erratiques provenant des Ardennes par la Meuse, des Alpes par le Rhin, et même des Scandinaves par les grandes inondations marines. La

connexion de ces phénomènes se retrouve dans la composition, dans la nature des dépôts alluviens qui recouvrent, dans toute cette région, d'immenses tourbières, lesquelles contiennent en très grand nombre des troncs d'arbres variés : des chênes, des hêtres, des bouleaux, etc.

Il était dix heures quand nous sommes arrivés au pavillon de la *litteraire Societait*, et, malgré l'heure avancée, *la Chapelle* de la Reine nous attendait pour commencer la seconde partie de son concert, au n° 2 de laquelle le programme portait : « HOMMAGE AUX INGÉNIEURS FRANÇAIS », marche brillante composée, pour la circonstance, par M. Steven Van Groningen, membre de l'Institut Royal, qui nous a prouvé une fois de plus qu'une intelligence supérieure peut trouver le temps et le moyen d'arriver à se faire un nom tout à la fois dans les arts et dans les sciences. Après une première audition, nos deux présidents, MM. Conrad et Polonceau, sont allés féliciter le chef de musique, M. Van Bolten, et lui demander, au nom de la nombreuse assemblée, une deuxième exécution de cette œuvre qui a été, comme la première fois, écoutée avec recueillement et accueillie par les bravos les plus enthousiastes et les acclamations les plus sympathiques pour notre chère patrie.

A minuit nous avons quitté nos aimables hôtes, qui nous ont donné rendez-vous pour le lendemain matin à la gare des Chemins de fer Hollandais.

III

Rotterdam. — Son port. — Comme le portait notre programme général, nous nous sommes réunis à la gare, où nous avons trouvé notre train spécial, dont les honneurs nous ont été faits par tous nos compagnons de la veille et par M. R. Harfetz, administrateur de la Société des Chemins de fer hollandais. A 8 h. 7 m. nous sommes partis dans la direction de Rotterdam, c'est-à-dire en parcourant la dernière partie du trajet que nous avions fait l'avant-veille à notre arrivée. Je ne recommencerai pas la description rapide que j'ai déjà donnée tout à l'heure de ce parcours, bien qu'avec les remarques judicieuses que savaient nous faire faire nos aimables cicerones mon récit serait plus complet et beaucoup plus attrayant.

Cependant j'ai retrouvé dans mes notes deux faits qui me semblent devoir présenter quelque intérêt, car ils donnent une pre-

mière idée des luttes glorieuses que les Hollandais ont toujours à soutenir dans l'exécution de leurs travaux contre l'ingratitude de leur sol :

En passant devant Schiedam, on nous a rappelé que, lors de la construction de la voie ferrée qui porte notre train, il a fallu jeter, pendant un an, vingt-cinq wagons de sable par jour, avant que le sol ait cessé de s'enfuir sous les rails.

Un peu plus loin, en entrant dans Rotterdam, nous avons revu la Grande Église protestante, l'ancienne église Saint-Laurent, dont la nef est du xv^e^ siècle, mais dont la tour, terminée seulement vers 1654, a été l'objet d'un travail de réfection vraiment extraordinaire : en effet, dès 1650, la tour commença à perdre son aplomb parce que les pilotis sur lesquels elle reposait ne pouvaient plus la porter, soit qu'ils fussent vermoulus, soit plutôt parce qu'ils n'étaient pas en nombre suffisant, ni assez longs pour résister au poids de toute la masse de pierre qui avait été presque triplée, depuis l'origine, par l'addition de deux et trois étages de maçonnerie. L'inclinaison devint telle, paraît-il, que la tour ne tenait plus debout que par le calage de la toiture de la nef contre laquelle elle s'appuyait, et dont elle commençait encore à lézarder les murs. Alors l'architecte Nicolas Persoons, par une adroite et ingénieuse combinaison de charpente, maintint suspendu tout ce lourd édifice, pendant qu'il faisait arracher les anciens pilotis pour les remplacer, un par un, par de plus solides et de plus longs; l'énorme prisme de pierre se redressa en posant sur sa nouvelle fondation, et aucun mouvement ne se produisit plus depuis.

Le train nous descendit à la station de la Bourse, mais, avant de pénétrer dans la ville de Rotterdam, que nous avons visitée dans un cortège de quarante landaus qui nous attendaient à la gare, je tiens à vous décrire succinctement ce grand viaduc qui traverse la ville et qui avait déjà attiré tout particulièrement notre attention l'avant-veille.

Viaduc du chemin de fer *(Pl. 51, fig. 2 à 8).* — Afin de pouvoir traverser, sans les dévier de leurs positions, les bassins, canaux, places et rues que le chemin de fer rencontre successivement dans le passage de la ville, et par suite de la nécessité d'avoir égard à diverses autres sujétions locales, on a été conduit à adopter pour les différentes parties du viaduc des dispositions très variables. Ainsi l'ouverture des arches ou travées s'étend depuis 6 jusqu'à 40 *m;* quelques-unes de ces travées sont biaises, tandis

que les autres sont droites ; la plupart d'entre elles sont avec superstructure métallique, mais il existe aussi un certain nombre d'arches en maçonnerie ; enfin, les piles elles-mêmes sont tantôt pleines, tantôt évidées, soit en pierre, soit en fonte (1).

A la station de la Bourse la voie est à 7,50 *m* au-dessus du sol, et la superstructure du viaduc a une largeur de 18 *m* : elle est établie sur des piles, espacées de 14,81 *m* d'axe en axe et formées de deux voûtes en anse de panier et 6,50 *m* d'ouverture portées par trois colonnes octogones en maçonnerie : ces dernières reposent sur un massif en maçonnerie appuyé sur la plate-forme des pilotis de fondation.

A la suite, dans la direction de La Haye, le viaduc se continue sur environ 530 *m*, sur le parcours du ***Binnen-Rotte*** (Rotte intérieure), ancien canal desséché pour l'établissement de la ligne et dont le lit a été comblé au fur et à mesure de l'achèvement des fondations : la voie se trouve là à 8,90 *m* au-dessus du sol avec une pente qui descend jusqu'à 6 *m* au ***Hofplein*** où se fait le raccordement avec les rails du chemin de fer hollandais. De sorte que, tout le long du Binnen-Rotte, les piles diminuent graduellement ; les naissances des voûtes qui relient les deux colonnes de chaque pile sont à des niveaux de plus en plus bas, et au hofplein elles correspondent au niveau du dessus des socles.

Dans toute cette partie, les deux rangs de maisons qui bordaient le Binnen-Rotte avaient entre eux un espace de 22 à 30 *m* ; et pour laisser à celles-ci, surtout à leurs parties basses, un accès facile et le plus de jour possible, on a d'abord réduit la largeur de la double voie à 8 *m* et on a espacé les piles en maçonnerie à 59,24 *m* d'axe en axe, en intercalant entre chacune d'elles trois piles en fonte à 14,81 *m* d'intervalle l'une de l'autre. Les colonnes en fonte creuse qui supportent directement les poutres en fer de la superstructure sont espacées de 6 *m* d'axe en axe, et les trottoirs sont en encorbellement : les arceaux en fonte qui relient les colonnes sont d'un dessin élégant en harmonie avec celui des consoles qui supportent les trottoirs *(fig. 4 et 7)*. Cette partie du viaduc offre un très bon type des dispositions à suivre pour faire passer un chemin de fer dans la longueur d'une rue, en y occupant le moins d'espace possible pour une ligne à deux voies.

Après le Hofplein, le niveau des voies continue à s'abaisser ; il est à 5,50 *m* au-dessus du sol, et tout le reste du viaduc est formé d'arches en maçonnerie en plein cintre de 5,30 *m* d'ouver-

(1) Croizette-Desnoyers : *Travaux publics en Hollande*.

ture, et partout où elles ne servent pas à la circulation, on en a fait des magasins *(fig. 8)*. Dans cette partie, le chemin de fer est en courbe de 600 *m* de rayon. La base des piles présente de forts empattements ; chacune d'elles repose sur quatre files de pieux espacées entre elles de 0,65 *m* d'axe en axe ; les pieux dans le sens des files sont écartés de 0,70 *m* à 0,80 *m* ; de plus, les fondations des diverses piles sont contre-boutées entre elles par des traverses horizontales soutenues en leur milieu par des pieux pour empêcher qu'elle ne fléchissent.

Ces ouvrages ont été projetés et exécutés par l'éminent M. Michaëlis, alors Ingénieur principal aux Chemins de fer de l'État, dont il est actuellement directeur général.

Promenade dans la ville. — En descendant de la gare, nous avons été reçus par M. l'Ingénieur de Jongh, délégué par l'Institut royal pour nous diriger dans la visite à laquelle cette seconde journée était tout entière consacrée.

Nous n'avions qu'à nous féliciter du choix qui avait été fait, car M. de Jongh, en sa qualité de directeur des travaux de la ville, était mieux à même que personne de nous montrer les entreprises gigantesques dans lesquelles Rotterdam ne cesse de se lancer pour rester la grande ville commerçante, le grand port où se font avec le plus de facilités, donc sur la plus vaste échelle, les échanges avec tous les autres ports du monde, en première ligne avec l'Angleterre, puis avec la Russie, avec les État-Unis, etc. Sa situation à l'embouchure commune de la Meuse et du Rhin fait de Rotterdam le principal, presque l'unique entrepôt maritime de l'Allemagne. Aussi le mouvement annuel de son port, constaté en 1890, est-il de plus de 4 500 navires de mer, jaugeant plus de 3 millions de tonneaux, et de 90 000 embarcations de rivière jaugeant 7 millions de mètres cubes.

Avant de visiter en détail ces immenses et intéressants travaux, notre cortège circula pendant une heure environ à travers la ville même ; et nous avons été frappés d'abord par l'aspect original de la vieille ville « dont les maisons étonnent par la gaucherie de » leur construction, par l'étrangeté de leurs façades penchant » au-dessus de la rue et terminées par des pignons découpés (1). »

Cette vieille ville forme un triangle qui a pour base *la Hoogstraat*, rue Haute, et pour sommet le *Hofplein* : la Hoogstraat a été construite sur la digue (dam), élevée pour défendre les bords de la

(1) E. Reclus.

Rotte contre les inondations de la Meuse. C'est aujourd'hui la rue la plus centrale et la plus importante ; elle traverse toute la ville presque perpendiculairement au viaduc du chemin de fer.

Toute la portion de Rotterdam qui existe au sud de cette rue a été conquise, par l'industrie de ses habitants, sur le sol mouvant et submergé chaque jour à marée haute de la rive droite du fleuve ; elle est tout entière sillonnée de larges canaux formant autant de ports qui amènent, au cœur de la cité, les plus grands navires venant directement de la mer du Nord, par l'immense canal appelé *Nieuwe-Waterweg*, que M. l'Ingénieur Repelaër Van Driel nous a si bien décrit au commencement de sa conférence, et qui relie la partie de la nouvelle Meuse, appelée le Scheur, à la mer, à travers le *Hœk van Holland* (pointe au coin de la Hollande).

Il faut voir l'activité qui règne dans ce labyrinthe d'îles reliées entre elles par des ponts tournants, des ponts-levis, des ponts de pierre ; du reste, notre visite coïncide précisément avec le moment le plus favorable pour jouir du spectacle : c'est, en effet, le mardi qu'il y a le plus d'animation, parce qu'au mouvement habituel dans le port et les bassins, s'ajoute celui de la foule qui se presse ce jour-là sur la place du *Grand-Marché*. Ce *Groote Markt* est, à proprement parler, un pont très large jeté sur un canal par lequel arrive ou s'emporte, sur une foule de petits bateaux, la majeure partie des denrées qui se débitent sur ce vaste emplacement. Son aspect est des plus pittoresques : au fond le *Steiger*, avec ses maisons si curieusement colorées et semblant baigner dans l'eau ; de l'autre côté le *Kolk*, vaste bassin demi-circulaire reflétant dans ses eaux grises les édifices et les arbres qui l'entourent ; au loin, dominant les toits rouges et noirs, le puissant clocher de la *Grande Église (Saint-Laurent)*. C'est là qu'est érigée la belle statue en bronze du grand littérateur Érasme, chef-d'œuvre du sculpteur Henri de Keiser.

Nous avons passé ensuite par le *Hoogstraat*, puis franchi le *Cool Weest*, partie du canal triangulaire qui constituait l'ancienne enceinte de la cité et qui forme un beau tableau avec son vieux moulin à vent. Nous sommes entrés ensuite dans un quartier tout à fait neuf, peuplé de riantes habitations et où règne un calme qui fait vif contraste avec la turbulence de la ville intérieure ; nous avons longé le Jardin zoologique que nous avons eu le regret de n'avoir pas le temps de visiter, car il est, paraît-il, un des plus beaux du continent, rivalisant avec ceux d'Anvers et d'Amsterdam, peuplé d'animaux curieux et rares, de plantes exo-

tiques, de fleurs tropicales, et, de plus, dessiné avec un goût tout à fait artistique ; puis, ayant redescendu le long du *Wester Singel*, sorte de boulevard bordé d'arbres et de récentes habitations, nous avons gagné *le Park*, délicieuse promenade, dessiné en jardin anglais, ancienne propriété particulière, acquise par la ville il y a quelque trente ans, agrémentée d'une petite rivière, et dans lequel a été élevée, en 1860, la statue en marbre blanc de Tollens, poète idyllique très populaire, mort en 1856 : cette belle œuvre est due au ciseau de l'habile statutaire Strakée.

Nous nous sommes dirigés vers le port à la visite duquel nous devions consacrer le reste de notre matinée ; nous avons pénétré, en passant par un nombre étonnant de ponts à bascules ou tournants, au cœur de la cité fiévreuse, dans ce dédale de canaux où stationnent à côté les uns des autres les navires de mer et les bâtiments de navigation fluviale, et dans le parcours duquel il est impossible de retenir l'itinéraire qu'on nous a fait suivre, tellement nous étions distraits par la variété, l'intérêt, la nouveauté de tout ce que nous voyions. Je sais seulement que nous avons passé devant le *Marché aux poissons*, devant le *Grand Hôtel des Postes et Télégraphes*, devant la *Bourse ;* et que nous nous sommes retrouvés devant les piles monumentales du grand viaduc, après avoir vu des quais magnifiques plantés d'arbres, et d'immenses bassins peuplés de vaisseaux de toutes formes, de toutes grandeurs, se mêlant aux bordures des maisons de briques dont les perrons descendent dans l'eau, des pavillons de toutes couleurs flottant au vent, des comptoirs, des magasins, dans lesquels s'agitait un personnel affairé. C'est enfin ce fameux quai, planté d'arbres superbes, appelé le *Boompjes*, bordé de riches et belles maisons, que nous avons déjà admiré le premier jour du haut du viaduc, en entrant à Rotterdam, et où viennent accoster entre autres les grands steamers qui font la traversée de l'Amérique et des Indes. Nous étions arrivés au terme de notre promenade en landaus puisque nous n'avions plus qu'à traverser la Meuse sur le beau pont de voitures et de piétons, parallèle à celui du chemin de fer, pour nous arrêter au café Fristschy où, suivant le programme, nous avions à faire une légère collation.

Port de Rotterdam. — Nous avons alors quitté nos voitures et nous nous sommes embarqués sur deux bateaux-mouches pour faire la visite du port en détail. Un pilote nous précédait ; les trois bateaux étaient sous pavillons français et hollandais, et celui qui

portait les deux Présidents Conrad et Polonceau en avait un double sur lequel on lisait l'inscription hollandaise : « KÖNING INSTITUT VAN INGÉNIEURS ».

Nous avions d'abord devant nous ce quai des Boompjes qui nous offrait un intérêt tout particulier par les travaux remarquables dont il a été l'objet et dont la conception est due en grande partie au savant Ingénieur, M. de Jongh, l'aimable et complaisant cicerone qui dirigeait notre excursion de ce jour, avec le concours de M. Van Ijsselsteyn, Ingénieur de la ville, qui a été l'habile directeur de ces travaux, et de M. Neiszen, directeur adjoint des travaux de la ville, auteur du remarquable ouvrage intitulé « *le Port de Rotterdam* » duquel se sont inspirés, comme je le fais moi-même, tous ceux qui ont eu à écrire sur ce sujet.

Ce quai, d'une longueur de près d'un kilomètre, longe la rive droite de la Meuse entre les chenaux des deux grands bassins du port qui communiquent directement avec la Meuse, *le Leuve Haven* et *le Oude Haven*. Ces deux bassins pourvoient à l'alimentation d'eau de tous les autres canaux intérieurs, lesquels, à marée basse, abaissent leur niveau de 2 *m* à 2,50 *m*, et aident ainsi à la salubrité de la ville en produisant, au jusant, l'évacuation des immondices que le courant du fleuve va déverser dans la mer.

En 1847, Rotterdam n'avait encore sur la Meuse que le quai des Boompjes, où ne pouvaient accoster que des bâtiments de très faible tirant d'eau : l'ensemble des bassins ne présentait que 26,50 *ha* de surface ; les quais des Bassins et le Boompjes ne donnaient en tout qu'un développement de 9,50 *km*, la population de la ville ne comptait que 80 000 habitants. Aujourd'hui, la superficie des bassins est de plus de 91 *ha*, et la longueur des quais de plus de 22 *km*, la population de plus de 203 000 habitants, et 26 grands navires de mer peuvent y transborder en même temps et avec la plus grande facilité.

Reconstruction du quai des Boompjes. — Le mur du quai des Boompjes a été reconstruit en 1885, dans le but de le mettre sur la ligne de dernière rectification de la Meuse, ce qui a permis en même temps de porter la largeur du quai de 7 *m* à 16 *m*, et surtout de le rendre accostable en tout temps par des navires calant plus de 6,50 *m*.

Le nouveau mur a été construit en avant de l'ancien, qui a été démoli ; il est porté sur une plate-forme en bois de 12 *m* de largeur par des piles de 12 pieux espacés d'un mètre environ *(Pl. 51,*

fig. 9). Pour la démolition de l'ancien mur et la reconstruction du nouveau, on s'est servi d'une grande cloche à plongeur, construite à Seraing, et qui a coûté 30 000 florins. *(Pl. 51, fig. 10.)*

Cet appareil est formé d'un grand caisson rectangulaire, sans fond, à doubles parois, et muni à sa partie supérieure de caisses à eau faisant saillie sur les deux grands côtés. L'espace entre les doubles parois est de 0,40 *m* et divisé en compartiments qui peuvent, à volonté et en partie, être remplis d'eau ou d'air : quand ils sont remplis d'air et les caisses à eau pleines, l'immersion est de 3,20 *m*; elle se réduit à 1,10 *m* quand on vide l'eau des caisses. Avec ce minimum d'enfoncement, la stabilité de l'appareil est encore parfaite, grâce à un rebord en fonte, pesant environ 50 000 *kg* qui le leste à la partie inférieure. La tôle pèse 60 000 *kg*, ce qui fait un poids total de 110 000 *kg*. Le poids d'eau des caisses et des compartiments est de 160 000 *kg*, et cette surcharge est suffisante pour que la cloche reste fixée sur le fond, même à marée haute. Pour la délester, on refoule de l'air dans les compartiments et, pour la changer de place, on lui donne le minimum de flottaison, et on vide les caisses à eau par de simples robinets.

La chambre de travail a 1,10 *m* de hauteur et une superficie de 1,44 *m* × 6,60 *m* = 90 *m*² environ.

L'opération s'est faite alors de la façon suivante :

Les ouvriers, placés dans la chambre de travail, ont commencé par démolir l'ancien mur, creuser le sol et enlever l'ancien enrochement jusqu'à 1 *m* sous R. P. (1). Puis on a délesté et enlevé le caisson pour battre des pieux de 17 à 19 *m* de longueur, à 1 *m* de distance les uns des autres, et recépés, sous l'eau, à même hauteur, à l'aide d'une scie à vapeur. On a ramené et immergé le caisson en faisant porter ses deux grands côtés entre deux files de pieux perpendiculaires à l'axe du mur, de sorte que la chambre de travail en contenait sept files. On a fretté la tête des pieux ; on y a assujetti, à l'aide de boulons barbelés, de fortes solives sur lesquelles on a cloué un plancher d'épais madriers de 6,50 *m* de longueur. Quand toutes ces plates-formes ont été faites, on a fait faire quart de tour à la cloche pour la mettre parallèle à l'axe du mur qu'on a élevé dans la chambre jusqu'à niveau de R. P. A marée haute on délestait le caisson qui montait par-dessus la maçonnerie, on l'éloignait et, au jusant, on terminait le mur à la hauteur voulue. On a battu en avant un fort palis d'arrêt qui est disposé de manière à servir à l'amarrage des navires.

(1) Étiage de la Meuse à Rotterdam (Rotterdamsch-Peil).

Le prix de tout l'ouvrage est revenu à moins de 1400 *f* en moyenne par mètre courant.

Ponts sur la Meuse. — A l'extrémité nord-est du quai des Boompjes se voient les deux beaux ponts métalliques parallèles dont j'ai déjà parlé : le premier est celui du chemin de fer qui se trouve en prolongement du viaduc de Rotterdam, l'autre est le pont des voitures et des piétons sur lequel nous avons passé à la fin de notre promenade.

Le pont du chemin de fer *(Pl. 51, fig. 11)*, qui traverse d'abord la Meuse sur une largeur de 670 *m*, est formé de cinq grandes travées dont les trois centrales ont 90 *m* de longueur, et les deux extrêmes 64,50 *m* chacune. Ces grandes portées ont eu pour but d'abord de diminuer le nombre des piles, à cause des difficultés de les bien fonder sur le lit composé exclusivement de vases, plus ou moins compactes, jusqu'au delà de 22 *m* de profondeur; ensuite pour pouvoir réserver au service de la grande navigation la partie du fleuve comprise entre la première et la deuxième pile du côté de la rive droite, où la forme irrégulière du lit du fleuve assure toujours un minimum de tirant d'eau de plus de 6 *m* à marée basse. Ces deux piles ont été descendues directement sur le sol solide dans des caissons au moyen de l'air comprimé ; les piles 3 et 4 ont été fondées sur pilotis contenus dans une enceinte de pieux jointifs s'élevant jusqu'à 0,50 *m* au-dessus de A. P. (1), et destinée à servir de forme à un massif de béton de 3,50 *m* d'épaisseur dans lequel se sont trouvées noyées les têtes des pieux recépés à 3,30 *m* au-dessous de A. P. L'extérieur de l'enceinte est défendu par de gros enrochements qui reposent sur des plates-formes en fascines garnissant le lit du fleuve.

La maçonnerie des piles qui s'élève au-dessus du béton a son parement en pierres de taille jusqu'au-dessus du niveau des plus hautes eaux (4 *m* au-dessus de AP) ; au-dessus les parements sont en briques, avec seulement les angles et le couronnement en pierres. Ces piles ont 21,80 *m* de long et 6,80 *m* de large à la base, et au sommet 17,54 *m* sur 5 *m*.

La superstructure métallique est formée de travées indépendantes, composées chacune de deux longues poutres en forme d'égale résistance, dont la semelle inférieure horizontale est reliée à la semelle parabolique supérieure par des montants verticaux

(1) Niveau moyen de la mer dans le golfe de l'Y, repère établi à Amsterdam (Amsterdamsch-Peil).

et par des tiges inclinées de part et d'autre vers le milieu de la poutre : dans la partie centrale seulement ces tiges sont croisées par d'autres en sens contraire.

Ce pont, construit aux frais de l'État, a coûté 3 740 000 *f.*

A la suite, après avoir traversé l'île de Noorder Eiland, le chemin de fer passe au-dessus du nouveau canal du *Koningshaven*, par lequel s'effectue le passage de tous les navires qui remontent au-dessus de Rotterdam, et qui, faute de pouvoir amener leurs grands mâts ne peuvent traverser sous le grand pont fixe. Ce second pont a 235 *m* de longueur ; il se compose de deux travées fixes de 80 *m* de longueur, séparées par une double travée tournante donnant deux passages libres de 20 *m* avec un tirant d'eau de 6 *m*. Ce pont tournant a coûté à l'État 1 800 000 *f.*

L'île de Feyenoord, qui se trouve en face de la ville, sur la rive gauche de la Meuse, et qui constitue le grand faubourg industriel de Rotterdam, ne communiquait avec celle-ci, il y a vingt-cinq ans, que par des passeurs ; mais ce moyen primitif est devenu plus qu'insuffisant à mesure de l'importance croissante de cette grande cité de commerce, et, en 1874, le roi Guillaume vint poser la première pierre du grand pont fixe, pour voitures et piétons, appelé Willemsbrug , qui fut terminé en 1878. Il a une longueur de 327 *m*, il repose sur quatre piles laissant entre elles trois portées de 90 *m* de longueur sur deux culées, l'une sur la rive droite, l'autre sur l'île de Noorder Eiland, et sur une palée en fonte entre cette dernière culée et la pile voisine. Les deux piles de la rive droite ont été construites sur caisson pneumatique en tôle plongeant jusqu'à 20,36 *m* sous RP, tous les autres supports ont été construits sur pilotis.

La superstructure, qui a été faite par la maison Cail, est formée de grandes poutres à treillis espacées de 10,70 *m*, réunies par des pièces de pont sur lesquelles repose la chaussée avec pavage en bois ; des trottoirs de 2,25 *m* de largeur, placés en dehors des poutres de rive, sont supportés par des consoles.

En prolongement de Willemsbrug se trouve le *Könninginebrug (Pl. 51, fig. 12)* qui traverse le *Koningshaven* sur 150 *m* de largeur. Il est formé d'une travée fixe de 39,20 *m* de portée et de deux volées mobiles ouvrant chacune deux pertuis en tournant sur une pile centrale. La volée centrale a une longueur totale de 54,30 *m* et l'autre, ou volée du nord, une longueur de 57,22 *m*. La volée centrale est principalement en acier, la volée du nord est en fer. Elles sont toutes deux sur pivot central, en acier, de 18 *cm* de

diamètre, avec collier de 2 *m* de rayon et à vingt galets. Le mouvement est donné au moyen de deux engrenages à manivelle placés sur le milieu, avec crémaillère circulaire en cuvette de fonte, de 2 *m* de rayon, ajustée sur la pile centrale. La largeur de la chaussée n'est que de 4,75 *m* sur la volée centrale ; elle est de 6,60 *m* sur la volée nord comme sur la volée fixe. On a donné moins de largeur à la volée centrale, et on s'est attaché à lui donner le plus faible poids possible, pour en rendre la manœuvre plus facile et plus prompte, car elle s'ouvre très fréquemment ; l'autre, au contraire, n'est manœuvrée que très rarement.

Le poids de la superstructure de la volée centrale est de 180 000 *kg*, celui de la volée du nord de 320 000 *kg*. Deux hommes suffisent pour manœuvrer une volée.

Le Willemsbrug et le Könninginebrug ont coûté à la ville plus de 4 300 000 *f*.

M. Repelaer Van Driel, dans son *Coup d'œil sur les travaux publics qui seront visités par les Ingénieurs français*, nous a dit quelques mots de l'accident survenu pendant sa construction à une des piles du Willemsbrug ; mais cet éminent Ingénieur a bien voulu me communiquer, avec un dessin (*Pl. 52, fig. 14*), le mémoire descriptif des opérations exécutées par M. Vittop Koning, Ingénieur chargé de la construction de ce pont, pour relever cette pile et la remettre en place. Je crois qu'un court extrait de ce mémoire ne sera pas sans intérêt ici, car il montrera tout le parti qu'on peut tirer, dans la pratique, d'une étude théorique préalable basée uniquement sur le calcul.

Pendant qu'on procédait au fonçage par l'air comprimé de la pile n° 4, la plus voisine de la rive droite, son caisson s'est subitement incliné à 45° ; il avait à ce moment 14 *m* de hauteur totale. Sa section, qui était celle d'un rectangle arrondi sur les deux petits côtés, avait 25 *m* de longueur sur 7,50 *m* de largeur. On avait déjà coulé le béton au-dessus du plafond de la chambre d'air et monté une partie de la maçonnerie, de sorte que le poids total de la masse qui s'était si malencontreusement déplacée n'était pas moindre de 650 000 *kg*, déduction faite de la perte due au déplacement d'eau.

Avec un tel poids, et surtout à cause de la très forte inclinaison que la pile avait prise en tournant autour d'un de ses grands côtés, il ne fallait songer ni à la redresser, ni encore moins à la soulever par l'application simple de la traction : M. Wittop Koning forma le projet d'encercler le caisson jusqu'au-dessus du niveau

de l'eau dans une grande cuve étanche, qu'on viderait pour déplacer le centre de gravité et le centre de poussée et obtenir, par une poussée verticale de bas en haut supérieure à l'action de la pesanteur, le redressement au moins partiel de cette masse énorme.

En effet, après avoir déterminé avec le plus grand soin la position du centre de gravité de la masse totale où agissait le poids de 650 000 *kg* et celle du centre de gravité du volume d'eau à enlever où s'attelait une force inverse de 175 000 *kg*, M. Wittop Koning fit voir, par un calcul géométrique élémentaire très élégamment conçu, que la différence des deux bras de levier des forces était telle que l'équilibre ne s'établirait que si le caisson se redressait de façon à ne plus faire avec la verticale qu'un angle de 24° 33′ (1).

(1) Nous pouvons admettre que, dans le redressement, la rotation se fera autour de l'arête Q du caisson *(Pl. 51, fig. 13)* qui ne s'est pas enfoncée ; soit α l'angle de redressement partiel cherché, et prenons dans la figure la ligne HI pour le niveau de l'eau, qui est à 8,20 *m* au-dessus du fond, GF pour le dessus de la partie déjà maçonnée qui a 3,50 *m* en moyenne de hauteur. Le centre de gravité de toute la masse est en Z, à 0,685 *m* au-dessus de *cd*, plafond de la chambre d'air qui a 4,63 *m* de hauteur. En P se trouve le point d'application de la poussée, c'est-à-dire le centre de gravité de l'eau qu'on a enlevée. Appelons h la largeur GF du caisson égale à 7,40 *m*, et a et b les deux côtés GH et IF du trapèze.

On a d'abord :

$$a - b = h \operatorname{tang} \alpha. \qquad (1)$$

Pour que le système soit en équilibre, il faut que nous satisfassions à l'égalité des moments :

$$175000 \times QR = 650000 \times QS$$

ou

$$175 \,.\, QR = 650 \,.\, QS. \qquad (2)$$

Calculons QS et QR.

Nous tirons QS du triangle QSY dans lequel $QS = QY \cos \alpha$.

Mais

$$QY = QT + TY,$$

or,

$$QT = \frac{h}{2}, \text{ et dans TYZ, } TY = (4{,}630 + 0{,}685) \operatorname{tang} \alpha ;$$

donc

$$QS = \left(\frac{h}{2} + 5{,}315 \operatorname{tang} \alpha\right) \cos \alpha,$$

$$QS = \frac{h}{2} \cos \alpha + 5{,}315 \sin \alpha. \qquad (3)$$

Pour avoir $QR = QS + RS$, nous n'avons qu'à chercher RS, qui est égal à WZ, et dans le triangle MWZ, nous avons $WZ = MZ \sin \alpha$,

mais

$$MZ = MN + NL + LU + UZ ;$$

or,

$$LU = \frac{b}{2}, \; UZ = 3{,}50m - 0{,}685\, m = 2{,}815\, m.$$

Pour avoir MN, je pose dans le triangle PMN :

$$MN = \frac{PN}{\operatorname{tang} \alpha}, \quad \text{or} \quad PN = BN - NP, \quad BN = \frac{h}{2},$$

l'équation (1) donne $\operatorname{tang} \alpha = \frac{a - b}{h}$, et BP, distance du centre de gravité du trapèze GHIF à la base, b est donné par la formule :

$$BP = \frac{h}{3} \times \frac{a + 2b}{a + b},$$

portant ces valeurs dans celle de MN, nous avons :

$$MN = \frac{\frac{h}{2} - \frac{h}{3} \times \frac{a + 2b}{a + b}}{a - b} \times h = \frac{h^2}{6(a + b)}.$$

Ceci étant admis, il fallait créer au-dessus de la pile la cuve étanche et la faire suffisamment solide pour résister non seulement à la grande pression de l'eau extérieure, mais encore aux violents coups d'eau que l'entrée dans la mauvaise saison devait nécessairement occasionner.

Un peu contre le gré de M. Wittop Koning, il fut décidé que les parois de cette cuve seraient faites en un nombre suffisant de gros pieux carrés de 0,25 *m* de côté, assemblés entre eux par languettes et rainures et solidement encastrés, d'une part, à la partie inférieure dans des entailles faites dans la maçonnerie, et, d'autre part, à différentes parties de la longueur dans les nombreuses cornières intérieures que portait le caisson métallique. La pose des pieux a présenté les plus grandes difficultés, car malgré toutes les précautions prises à l'avance pour que les entailles faites dans le bois correspondissent bien aux positions des cornières, il y eut de nombreux mécomptes résultant des indications

Quant à NL il est égal à $PE = BC = AC - AB$;

or, $$AC = AG - CG = AG - DF = \frac{a}{2} - \frac{b}{2} = \frac{a-b}{2},$$

et AB est donné par $$\frac{AB}{AC} = \frac{BP}{CD},$$

ou $$AB = \frac{AC \times BP}{CD}.$$

Nous avons déjà BP, de plus $CD = h$,

donc $$AB = AC\,\frac{a+2b}{3a+b},$$

et $$NL = \frac{(2a+b)(a-b)}{6(a+b)},$$

portant les quatre valeurs de ML, NL, LU, UZ dans celle de RS, nous avons, après simplifications :

$$RS = \frac{b}{2}\sin\alpha + 2{,}815\sin\alpha - \frac{h^2 - (2a+b)(a-b)}{6(a+b)}\sin\alpha,$$

et ajoutant QS et RS, nous obtenons :

$$QR = \frac{h}{2}\cos\alpha + 8{,}13\sin\alpha + \frac{b}{2}\sin\alpha + \frac{h^2 + (2a+b)(a-b)}{6(a+b)}\sin\alpha. \quad (4)$$

En portant ces valeurs (3) et (4) dans l'équation (2), les conditions d'équilibre sont données par la relation :

$$175 \times \frac{1}{2}(a+b)\left[\frac{h}{2}\cos\alpha + 8{,}13\sin\alpha + \frac{b}{2}\sin\alpha + \frac{h^2 + (2a+b)(a-b)}{6(a+b)}\sin\alpha\right] = 650\left(\frac{h}{2}\cos\alpha + 5{,}315\sin\alpha\right).$$

Remplaçant a par sa valeur tirée de (1) :

$$175 \times \frac{1}{2}(2b + h\tan\alpha)\left[\frac{h}{2}\cos\alpha + 8{,}13\sin\alpha + \frac{b}{2}\sin\alpha + \frac{h^2 + (3b + 2h\tan\alpha)h\tan\alpha}{6(2b + h\tan\alpha)}\sin\alpha\right] = 650\left(\frac{h}{2}\cos\alpha + 5{,}315\sin\alpha\right),$$

ce que l'on peut grouper comme suit :

$$\frac{175}{2}\left[\left(\frac{h}{2}\cos\alpha + 8{,}13\sin\alpha + \frac{b}{2}\sin\alpha\right)\left(2b + h\tan\alpha\right) + \frac{1}{6}\left(h^2 + (3b + 2h\tan\alpha)h\tan\alpha\right)\sin\alpha\right] = 650\left(\frac{h}{2}\cos\alpha + 5{,}315\sin\alpha\right);$$

fournies par les plongeurs qui étaient les seuls guides dans la question. C'est ce qui fit que, tout en travaillant avec la plus grande persévérance, on ne put guère poser que deux pieux en moyenne par jour.

Ces pieux furent ensuite étançonnés par une série de pièces perpendiculaires encastrées dans la maçonnerie du caisson, puis par d'autres obliques en forme de contre-fiches destinées à appuyer solidement les pieux contre les parois intérieures du caisson.

Pendant la mise en place de ces différentes pièces d'étançonnement, on constata que sur l'une de ses faces la paroi métallique du caisson s'était sensiblement déformée et qu'il n'y avait plus contact parfait avec la surface extérieure des pieux : on fut dès lors obligé de retirer un certain nombre de ces pieux pour les modifier à la demande de la déformation reconnue, car le contact était indispensable et il fallait surtout que la cuve restât parfaitement encastrée dans les cornières intérieures du caisson pour assurer la parfaite liaison du tout.

ou encore :

$$\left(h\cos\alpha + 16{,}26\sin\alpha + \frac{h}{2}\sin\alpha\,\mathrm{tang}\,\alpha\right) b + b^2\sin\alpha + \left(\frac{h}{2}\cos\alpha + 8{,}13\sin\alpha\right) h\,\mathrm{tang}\,\alpha + \frac{h^2}{6}\sin\alpha + \frac{bh}{2}\sin\alpha\,\mathrm{tang}\,\alpha + \frac{h}{3}\sin\alpha\,\mathrm{tang}^2\alpha = \frac{26}{7}h\cos\alpha + 39{,}48\sin\alpha.$$

Ordonnant par rapport à b :

$$b^2 + \frac{h\cos\alpha + 16{,}26\sin\alpha + h\sin\alpha\,\mathrm{tang}\,\alpha}{\sin\alpha} b + \frac{\frac{h^2}{2}\sin\alpha + 8{,}13\,h\sin\alpha\,\mathrm{tang}\,\alpha + \frac{h^2}{3}\sin\alpha\,\mathrm{tang}^2\alpha - \frac{26}{7}h\cos\alpha - 39{,}48\sin\alpha}{\sin\alpha} = 0;$$

$$b^2 + \left(\frac{h}{\mathrm{tang}\,\alpha} + h\,\mathrm{tang}\,\alpha + 16{,}26\right) b + \frac{2}{3}h^2 + 8{,}13\,h\,\mathrm{tang}\,\alpha + \frac{1}{3}h^2\,\mathrm{tang}^2\alpha - \frac{26h}{7\,\mathrm{tang}\,\alpha} - 39{,}48 = 0.$$

En substituant dans cette équation la valeur de $h = 7{,}4$ et en posant $\mathrm{tang}\,\alpha = x$, nous tirons :

$$b = -\left(\frac{3{,}7}{x} + 3{,}7\,x + 8{,}13\right) \pm \sqrt{\left(\frac{3{,}7}{x} + 3{,}7x + 8{,}13\right)^2 - \frac{54{,}76}{3}x^2 - 60{,}162x + \frac{192{,}4}{7x} - \frac{109{,}52}{3} + 39{,}48.} \quad (5)$$

Mais nous avons $b = \mathrm{QI} - (3{,}50\,m + 4{,}63\,m)$,

dans quoi $\mathrm{QI} = \frac{8{,}20}{\cos}$,

et $\cos\alpha = \frac{1}{\sqrt{1+x^2}}$;

donc $b = 8{,}20\sqrt{1+x^2} - 8{,}13.$

En portant cette valeur dans (5) et résolvant par rapport à x, on trouve :

$$\mathrm{tang}\,\alpha = x = 0{,}45677,$$

et $\alpha = 24^\circ\,33'.$

Les difficultés qu'occasionna cette réparation amenèrent la direction des travaux à abandonner la disposition par pieux isolés et à revenir à l'idée première de M. Wittop Koning qui consistait à composer la cuve par des panneaux formés de quatre pieux jointifs portant en plus des entailles pour loger les cornières, les échantignolles qui devaient servir à maintenir les abouts des pièces d'étançonnement.

Je passe sous silence les moyens ingénieux qui servirent à combattre la tendance au flottage de tous les panneaux et pièces de bois qu'on avait à descendre au fond de l'eau pour la construction de cette immense cuve de 25 *m* de longueur sur 7,50 *m* de large et 12 *m* de hauteur. Le travail fut mené à bonne fin par seulement trois cloches à plongeur comprenant chacune quatre ouvriers, mais dont deux seulement fonctionnaient simultanément pendant quatre heures par jour.

L'étançonnement des parois de la cuve ayant été assuré par une série de liens très judicieusement posés, on travailla ensuite à obtenir l'étanchéité des parois par des coulis d'argile dans tous les interstices, puis par l'application contre les parois intérieures de grandes toiles goudronnées : opération qui ne fut pas réussie facilement à cause des nombreuses déchirures qui se produisirent contre les angles des ferrures, etc.

On installa ensuite sur une estacade préparée à l'avance autour de la pile cinq locomobiles actionnant cinq grosses pompes centrifuges, et en épuisant on eut la satisfaction de constater que par la seule influence de la poussée due au volume d'eau enlevé le caisson se redressait au fur et à mesure de l'abaissement du niveau à l'intérieur de la cuve. On put ainsi amener progressivement le caisson de l'angle de 45° à ne faire plus qu'un angle de 22° avec la verticale.

Ainsi se trouvèrent absolument confirmées les espérances que le calcul seul avait fait naître et qu'un travail opiniâtre et intelligemment compris et dirigé a permis de réaliser.

A partir de ce moment, pour achever le redressement de la pile on n'eut plus à se servir que de l'application des forces mécaniques agissant par traction pour soulager le poids de la masse totale, en même temps qu'à l'aide de grands leviers solidement ancrés à la partie supérieure de la cuve on poussait l'ouvrage entier vers la verticale.

Par une combinaison bien ordonnée de surcharges réparties extérieurement et intérieurement à la cuve on put finir le redres-

sement, tout en ramenant la base vers la position qu'elle devait occuper et dont elle s'était très sensiblement écartée au moment de l'accident. A l'achèvement du travail l'écart n'était plus que de 0,50 *m* vers l'est et de 1,50 *m* vers l'ouest, et cette différence fut si minime qu'il ne fut pas nécessaire de modifier en quoi que ce soit la construction du tablier métallique.

En résumé, ce travail qui, aux yeux de bien des Ingénieurs, passait pour irréalisable, s'est exécuté avec une ponctualité remarquable, et bien qu'interrompu fréquemment par les grandes marées, le mauvais temps et les accidents, il a pu être terminé en moins d'une année; commencé le 15 juin 1875, il était achevé le 24 mai 1876.

J'ai tenu à m'étendre un peu sur cette opération qui m'a semblé présenter un intérêt tout particulier; elle fait le plus grand honneur à l'éminent Ingénieur auquel on doit la conception de ce projet hardi et qui a su vaincre les plus grandes difficultés pour le mener rapidement et sûrement à bonne fin.

Nous avons ensuite circulé dans les principales parties du port. D'abord, en contournant la pointe S.-O. du Noorder Eiland, notre bateau s'est engagé dans le *Koningshaven* (port du Roi), où nous avons vu les deux ponts tournants, celui du chemin de fer et le Könninginebrug.

Nous sommes entrés dans le *Binnenhaven* (port intérieur), en passant par un magnifique pont à bascule, le plus grand qui existe sans doute en ce genre et mérite pour cela que je lui consacre quelques lignes *(Pl. 52, fig. 15.)*

Il se trouve sur un pertuis de 24 *m* d'ouverture; il a une largeur de 10,50 *m* se décomposant en 8 *m* de chaussée et deux trottoirs de 1,25 *m* chacun. Il sert pour la circulation ordinaire et pour le passage des trains de marchandises du chemin de fer. Il est construit aussi légèrement que possible d'après le système de vantaux contre-boutants : chaque vantail ou volée a une longueur de 18,80 *m* et la distance entre deux axes de bascule est de 27 *m;* le poids de chaque volée est de 121 000 *kg*, la longueur du fléau du contrepoids en arrière des axes est de 5,30 *m*. Ce fléau est formé par deux fortes solives de fer à parois pleines, calées sur l'axe de bascule et reliées transversalement entre elles et aux deux paires de maîtresses poutres au milieu de chacune desquelles elles se trouvent et qui portent le tablier de chaque vantail.

Outre la charge de lest fixe adaptée à demeure sur la culasse du fléau, celui-ci porte une charge mobile qu'on fait glisser entre deux guides au moyen d'une vis sans fin que fait mouvoir un pignon en roue d'angle actionnée par une longue clef : cette disposition permet de corriger la perte d'équilibre pouvant provenir de l'action du soleil, d'une forte pluie, ou d'autres causes.

Afin de pouvoir ouvrir un seul vantail indépendamment de l'autre, et pour permettre la dilatation par la température, tout en satisfaisant à la condition de contre-boutée au repos, les maitresses-poutres portent à leur tête des heurtoirs mobiles qui sont rappelés par des ressorts en spirale, mais qui, lors de la fermeture, sont pressés contre la tête de la poutre opposée au moyen de quatre coins de bronze couplés par des barres transversales et qu'un pivot denté fait mouvoir par un engrenage commandé par une longue clef.

Dans chacune des culées se trouvent deux caveaux contigus : dans l'un se meut le contrepoids et dans l'autre est logé le mécanisme de la bascule. La manœuvre se produit en agissant sur un bras en équerre fixé à l'axe, au moyen de l'eau comprimée, fournie par une machine à gaz installée dans chacune des culées, et qui commande une pompe aspirante et foulante. Par la pompe, l'eau comprimée est envoyée dans un cylindre hydraulique dont le piston est attelé par sa tige au levier coudé. Les machines s'arrêtent d'elles-mêmes dès que les volées sont rendues en place. Les moteurs du système Otto sont de la force de 7 1/2 *ch*, ils marchent à une vitesse de 160 tours ; la pression de l'eau est de 3 *atm*. Les pompes sont à pistons plongeurs, leur diamètre est de 0,118 *m*, leur course de 0,30 *m* au maximum ; les cylindres hydrauliques ont 0,262 *m* de diamètre, et leur course maxima fait décrire au levier coudé un arc de 40° correspondant à un angle de 80° pour le vantail.

Pour éviter la gelée, on avait d'abord fait un mélange d'eau et de glycérine ; on y a renoncé, et on pare à ce danger en enveloppant la conduite et en maintenant quelques becs de gaz allumés dans les caveaux.

On peut, s'il est nécessaire, se passer de l'emploi des moteurs, en actionnant les pistons des pompes au moyen d'un tourniquet manœuvré à bras d'homme, de la voie publique, et qui met en mouvement un axe vertical à excentrique.

C'est, du reste, de la voie publique que se fait aussi la manœuvre avec les moteurs ; le gardien a sous la main un levier qui com-

mande un robinet à quatre voies pour envoyer l'eau en avant ou en arrière du piston du cylindre hydraulique.

Il faut cinquante-quatre secondes pour ouvrir le pont.

Ce pont a coûté 169 000 *f*, non compris les travaux de maçonnerie.

Le *Binnenhaven* (port intérieur), dans lequel nous sommes entrés, est compris dans ce qu'on appelle Handelsvereeniging *(Établissement de commerce)*, lequel se compose de tous les bassins, quais, magasins, machines, appareils de levage, etc., qui coûtèrent 25 millions de francs à une grande Société, laquelle n'en tira aucun profit; car, en 1879, quatre ans après sa fondation, un désastre financier enraya son exploitation qui commençait à peine, et elle fut obligée définitivement de tout abandonner à la ville, en 1882, contre paiement de la somme de 8 millions et demi.

L'exploitation de cet établissement se fait, depuis, au compte de la ville, sous la direction d'un fonctionnaire qui a le titre de directeur des Établissements commerciaux de Feyeenoord, et comprend le Binnenhaven, l'Entrepothaven (bassin de l'Entrepôt) et le quai ouest du Spoorweghaven (bassin du Chemin de fer), qui sont les trois ports dont nous a parlé M. Repelaer Van Driel dans sa remarquable conférence.

Le Binnenhaven a 1 000 *m* de longueur sur une largeur de 80 *m*, qui se réduit à 40 *m* pour la petite partie du fond. Il avait été primitivement aménagé avec une profondeur de 5 1/2 *m* à basse mer; mais, depuis, de grands travaux, dont M. Repelaer Van Driel nous a fait l'historique résumé, et dont j'ai déjà dit un mot, ont été entrepris et se continuent pour améliorer la *nouvelle voie d'accès de la mer à Rotterdam*, et permettre aux plus grands navires de venir accoster contre les quais de la grande cité.

Il a fallu, par suite, donner aux grands bassins et, tout d'abord, au Binnenhaven une profondeur normale de 7 *m* à mer basse.

Le dragage se fit très bien dans le milieu du bassin; mais en l'opérant sur les quais, il se produisit tout d'un coup et sur toute la longueur des murs un tassement qui lézarda la maçonnerie; il y eut un affaissement de plus de 0,50 *m*, et un faux aplomb qui atteignit par place jusqu'à 1,50 *m*. — La reprise de ces murs en sous-œuvre aurait été longue et aurait coûté plus de 370 *f* par mètre, soit en totalité plus de 425 000 *f;* au lieu de cela, on a simplement rempli les vides par la superposition de plusieurs couches de fascines; on n'a dépensé que 10 000 *f;* et, lors de notre visite, le travail était fait depuis plus d'un an; aux charges considérables du sol étaient

venus s'ajouter chaque jour le coltinage d'énormes fardeaux, le passage d'un grand nombre de lourdes voitures, et il n'y avait pas eu trace de la moindre dépression.

L'Entrepothaven est un bassin branché sur le Binnenhaven; il a 200 *m* de long, 60 *m* de large et aussi 7 *m* de profondeur à mer basse. C'est sur sa rive nord que se trouve le nouvel entrepôt, vaste bâtiment avec cave, rez-de-chaussée et trois étages, ayant 200 *m* de longueur et 37 *m* de profondeur.

L'établissement de commerce est muni d'un remarquable service hydraulique. Près de l'entrepôt, se trouve le bâtiment de la machine à vapeur. Celle-ci est de 40 chevaux et actionne deux pompes foulantes à double effet, qui envoient l'eau à un accumulateur placé dans un autre bâtiment voisin. Cet accumulateur consiste en un cylindre avec piston plein de 0,435 *m* de diamètre et de 5,20 *m* de course. A la partie supérieure du piston se trouve la charge d'accumulateur pesant 80 000 *kg*, contenue dans une caisse en forte tôle glissant verticalement entre deux guides. L'eau envoyée dans les conduites de distribution a une pression de 50 atmosphères.

Le piston de l'accumulateur est arrêté à la limite de son ascension par un heurtoir qui, au moyen d'une chaîne, ferme une soupape d'arrêt pour les pompes. Dès que le piston est descendu d'une certaine quantité, l'effet inverse se produit, la chaîne ouvre la soupape, et les pompes rentrent en fonction pour faire remonter le piston.

L'outillage de l'établissement de commerce, qui est actionné par ce service hydraulique, se compose de : un élévateur-déversoir de charbon (Kolentip), une grue fixe de 30 000 *kg*, deux grues mobiles de 1 500 *kg*, un cabestan de 1 000 *kg*. Et, dans l'enclos spécial de l'entrepôt, il y a quatre grues mobiles de 1 500 *kg*, pouvant élever les marchandises à tous les étages, soit sur une plateforme qui règne sur toute la longueur au premier étage, soit sur des balcons mobiles à rabattement devant des portes d'accès aux deuxième et troisième étages ; et, en plus, quatre treuils de 500 à 1 000 *kg* et deux cabestans de 1 000 à 5 000 *kg* font le service intérieur des magasins.

Pour actionner les grues mobiles, on adapte sur les branchements de la conduite de distribution des coudes télescopiques raccordant le branchement avec les emplacements de la grue. Les branchements sont espacés d'environ 18 *m* et sont logés dans

une rigole à couvercle en fer qui règne le long de la crête du mur du quai.

Les grues mobiles de 30 000 et de 1 500 *kg* peuvent à volonté ne servir que pour 15 000 ou 750 *kg*, grâce à la disposition du piston de leur cylindre hydraulique qui est formé de deux parties concentriques : l'une annulaire, et celle du centre pleine. Cette dernière marchant seule dans l'autre, comme fourrure, la grue ne fait que moitié de la force qu'elle acquiert quand les deux parties du piston montent simultanément.

Je dirai tout de suite, pour donner un aperçu complet de l'outillage important de toute la partie du port qui se trouve sur la rive gauche, par laquelle notre visite a commencé, qu'en plus des appareils hydrauliques, il y a, dans l'établissement de commerce : vingt et une grues mobiles à vapeur de 1 500 *kg*, une de 2 500 *kg*, une fixe de 30 000 *kg* ; sur le Spoorweghaven, pour le service de la gare des marchandises de l'État : une grue à bras de 30 000 *kg*, une autre de 4 000 *kg*, huit grues mobiles à vapeur de 1 500 *kg*, une de 3 000 *kg* et un basculeur de 15 000 *kg* pour l'embarquement du charbon sur les bateaux fluviaux. Enfin la Société hollandaise de construction de bateaux de Feyenoord possède une grue à vapeur de 60 000 *kg*, et celle pour le sauvetage des navires, une de 40 000 *kg*.

Les grues à vapeur présentent une disposition peu usitée en France. Elles ont trois cylindres placés verticalement en arrière de la chaudière ; les deux extérieurs, dans lesquels on introduit la vapeur, ont la tige de leur piston reliée par une traverse à celle du piston du milieu dont le cylindre communique avec la bâche à eau, de sorte qu'entraîné par les pistons à vapeur, pendant leur ascension pour soulever le fardeau, le piston du milieu aspire de l'eau qui remplit le cylindre ; l'évacuation lente de cette eau fait frein à la descente des deux pistons-vapeur.

Élévateur-déversoir à charbon *(Pl. 52, fig. 16)*. — Nous avons pu voir fonctionner dans le Binnenhaven cet appareil, appelé *Kolentip* en hollandais, que la ville à fait installer en 1886 par la maison Armstrong, de Newcastle, à laquelle on devait déjà, du reste, toute l'installation hydraulique de l'établissement de commerce. — Cet élévateur-déversoir peut embarquer 200 *t* de charbon par heure ; en effet, il était précisément en train de charger le grand bâtiment à voiles *Rhea*, et nous avons pu constater qu'il

ne fallait pas plus de trois minutes pour qu'un wagon fût amené, élevé, culbuté et ait fait place à un autre.

C'est, paraît-il, le plus grand qui existe ; et il a dû être construit dans des conditions tout à fait spéciales, parce que la nature meuble du sol ne permettait pas, comme dans les élévateurs ordinaires, de recourir à un piston plongeant dans un cylindre enterré jusqu'à une profondeur relativement grande. — A ce double point de vue il m'a semblé intéressant d'en donner une courte description.

Le programme à réaliser était celui-ci : Un vagon chargé doit être élevé à une hauteur maxima de 9,15 *m*, nécessaire pour que le service puisse se faire même au moment des plus fortes marées, puis s'incliner suffisamment pour qu'après l'ouverture d'une paroi à charnière, le charbon se déverse en glissant le long d'une trémie jusque dans le navire ; après quoi, le wagon relevé est redescendu à terre, et lancé sur un rail pendant qu'un autre plein vient prendre sa place. La manœuvre d'amenée et de sortie du wagon se fait à l'aide d'un cabestan à vapeur dont le câble le fait passer d'abord sur une bascule, puis sur une plaque tournante qui dessert l'embranchement d'arrivée et celui de la sortie, et enfin l'amène sur la plate-forme de l'élévateur.

Celui-ci se compose d'un pylone à quatre montants en fer et tôle, reliés par des croix de Saint-André ; la plate-forme est faite de deux poutres transversales reliées par deux poutres longitudinales qui portent des rails placés, au repos, sur le plan et en prolongement de ceux de la voie : le wagon y est amené et amarré par deux griffes accouplées sur un axe horizontal et qui, manœuvrées par un excentrique, le saisissent et le maintiennent par l'essieu des roues de devant.

La plate-forme est portée elle-même par un châssis et fait charnière avec la traverse d'avant de celui-ci. Plate-forme et châssis sont suspendus par quatre chaînes de 25 *mm* de grosseur, dont deux sont fixées à la traverse d'avant du châssis et les deux autres à la traverse d'arrière de la plate-forme. Une cinquième chaîne adaptée au châssis porte à son autre extrémité un poids glissant dans une grande gaine et qui fait équilibre à toute la partie mobile. La manœuvre s'exécute au moyen de deux cylindres hydrauliques verticaux placés bout à bout. Le piston plongeur du cylindre inférieur a la tête en bas et munie de quatre poulies portées par un même axe horizontal ; l'autre a la tête en haut et garnie seulement de deux poulies. Les deux chaînes fixées à l'avant de la plate-forme descendent du sommet du pylone, au moyen

de deux poulies de renvoi, pour venir passer sous les gorges des deux poulies extérieures du piston inférieur, et leur extrémité se fixe au-dessus après la charpente de l'appareil. Les deux chaînes de l'avant du châssis suivent le même parcours pour venir passer sous les gorges des deux poulies du milieu du piston inférieur après s'être toutefois enroulées, au moyen de deux autres renvois, sur la demi-circonférence supérieure des deux poulies du piston d'en haut. Dans ces conditions-là, en mettant d'abord en jeu seulement le piston inférieur, la tension se produit également sur les quatre chaînes et la plate-forme monte horizontalement, jusqu'à la hauteur correspondante au couloir incliné de déchargement. A ce moment, on ferme l'entrée de l'eau dans le piston inférieur qui maintient ainsi les chaînes en tension, et on met en jeu le piston supérieur qui n'agissant que sur les deux chaînes de la plate-forme mettent celle-ci en bascule en la faisant tourner autour de la charnière du châssis. On voit que la course des deux pistons n'a besoin d'être, pour celui inférieur, que la moitié de la hauteur d'ascension horizontale, et, pour le supérieur, moitié de la longueur de l'arc de bascule, les quatre chaînes agissant chacune comme mouflées.

L'appareil porte en plus une grue hydraulique à banne, à l'aide de laquelle on forme un petit tas de charbon dans la cale du navire, en commençant le chargement, pour amortir la chute du charbon pendant le déversement.

Cabestan hydraulique. — Cet appareil reçoit son mouvement de rotation par l'action de trois cylindres hydrauliques horizontaux, placés sur un même plan au-dessous de la plaque de fondation ; leur axe rayonne sous un arc de 120° autour de celui du cabestan qui se recourbe, en arbre à deux coudes, pour recevoir les têtes de bielle des trois pistons hydrauliques.

Les cylindres hydrauliques sont à simple effet; l'eau sous pression est amenée derrière le piston au moyen d'un robinet à plusieurs voies, commandé par une tige coudée adaptée à l'axe du cabestan, et réglé de telle sorte qu'à l'introduction de l'eau dans un des pistons correspond la mise en vidange des deux autres; un seul piston s'avance donc pendant que les deux autres rentrent, en produisant ainsi le mouvement de rotation du cabestan.

L'établissement de l'élévateur à déversoir avec son cabestan et tous les frais accessoires est revenu à la ville à 130 000 *f.*

Pont et bassin du Spoorweghaven. — Après avoir quitté le Binnenhaven, nous avons regardé en passant le pont tournant qui commande l'entrée du Spoorweghaven; il comprend une volée pivotant sur une pile centrale pour ouvrir deux passages de 22 *m* de largeur, et de part et d'autre, deux volées fixes de 23 *m* d'ouverture. Sa longueur totale entre les culées est de 105,75 *m*; la longueur de la volée tournante est de 55,20 *m* et son poids de 300 000 *kg*; la largeur totale est de 8,90 *m* avec largeur charretière de 7,54 *m*.

La rotation se fait par deux hommes, au moyen d'une roue à manivelle, engrenant avec une crémaillère circulaire disposée au pourtour d'une cuvette de fonte fixée sur la pile centrale.

Le bassin a une longueur de 1 100 *m*, une largeur de 116 *m* et un mouillage de 7 *m*. Le quai Est fait encore partie de l'établissement de commerce; il est garni, sur toute sa longueur, de sept sheds ou hangars construits sur pilotis; ils sont tous en bois, à l'exception de l'un d'eux qui a été incendié l'année dernière et qui a été, à la suite, rebâti tout en fer et en pierre en occasionnant une dépense qui n'a pas été de moins de 250 000 *f*; il est vrai, de dire qu'on l'a reconstruit sur un nouveau soubassement au ras du sol, et qu'il a fallu renforcer le mur du quai pour résister à la surcharge considérable se répartissant sur le même emplacement. Cette grande dépense met désormais ce grand magasin non seulement à l'abri de l'incendie, mais aussi des frais énormes d'entretien et de réparations auxquels sont sujets les autres, dont les pilotis, trop espacés, s'enfoncent continuellement ou exigent leur remplacement, parce que leur extrémité supérieure qui émerge de 2,50 *m* au-dessus du sol est sujette à se pourrir.

A la suite de cet incendie qui aurait entraîné un véritable désastre si le vent avait eu une mauvaise direction, on a construit de grands murs de séparation en pierre, entre les autres hangars en bois, en attendant qu'on mette à exécution le projet de les reconstruire les uns après les autres sur un modèle analogue à celui qu'on vient de rebâtir.

Si cet exemple démontre qu'il y a souvent fausse économie à ne pas donner de prime abord aux constructions toute la solidité et les aménagements qu'elles doivent avoir d'une manière définitive, nous allons voir tout de suite, en continuant notre promenade en bateau, qu'il est parfois de bonne administration de faire du bon provisoire, à bon marché, pour ne pas empêcher une grande

entreprise de prendre son essor par les lourdes charges que lui imposerait, dès le début, l'absorption d'un trop gros capital.

Quai de la Princesse. — Construction du Rijnhaven *(Port du Rhin)*. — La ville de Rotterdam possède au-dessus du Spoorweghaven, sur la rive gauche de la Meuse, une immense étendue de terrains qu'elle a mis en valeur par la construction d'un nouveau bassin, le Rijnhaven, qui, lorsqu'il sera terminé, atteindra jusqu'à 30 *ha* de superficie. Ce bassin était devenu nécessaire pour offrir un abri sûr, durant l'hiver, à la grande quantité de bâtiments du Rhin qui viennent chercher du fret à Rotterdam, ou bien à ceux que la gelée empêche de remonter le fleuve et qui, jusqu'alors, restaient sur le courant sans défense contre le charriage des glaces.

Mais la ville a compris que si on exécutait cet immense bassin d'emblée, avec l'énorme développement de ses murs de quais intérieurs et de celui en bordure sur la Meuse (quai de la Princesse), on aurait à dépenser de nombreux millions, et rien que les intérêts à desservir pour l'emprunt à contracter absorberait presque totalement le montant des perceptions pour droits de port. De plus, comme il s'écoulerait un temps assez long avant que l'aménagement du port fût complété et permît de faire une exploitation fructueuse, il arriverait que, pour ne pas laisser trop longtemps sans rapports tous les terrains environnants, on se laisserait aller à les céder à des particuliers à des prix dérisoires, faute d'avoir pu attendre qu'ils aient atteint la valeur qu'ils doivent acquérir. C'est dans cet ordre d'idées que le creusement du bassin s'est fait progressivement, d'abord sur 11 *ha* d'étendue et 3 *m* de profondeur à MB, en 1884; puis par des dragages successifs, exécutés au fur et à mesure des besoins, il a déjà aujourd'hui 21 *ha* de superficie et 7 *m* de mouillage.

Avant d'entrer dans le nouveau port du Rijnhaven, nous avons longé le quai de la Princesse où l'on nous a montré une plaque commémorative de la pose de la première pierre qui venait d'être faite par la jeune Reine des Pays-Bas.

Ce quai a été construit par les mêmes procédés économiques et avec la cloche à air que j'ai déjà décrits pour la reconstruction du quai principal de la ville, les Boompjes, c'est-à-dire qu'ils reviennent à peine à 200 *f* le mètre au lieu de 1 500 *f* que coûteraient les anciens murs en maçonnerie. Avant la construction définitive du quai, la rive est restée, depuis 1884, maintenue par

une levée en fascinage, de construction économique, système dû à l'Ingénieur M. de Jongh, et dont je parlerai un peu plus loin.

Pour le service de ce quai on a cherché à faire une installation qui fût à l'abri des effets de la gelée; car l'expérience de l'hiver rigoureux de 1891 a prouvé que tous les moyens employés jusqu'alors, mélange de glycérine et d'eau, échauffement des conduites par des becs de gaz, etc., pouvaient rester insuffisants pour assurer le fonctionnement des appareils hydrauliques.

Une commission d'Ingénieurs fut envoyée en Angleterre, en France et en Allemagne pour étudier la question. A Londres, elle parcourut avec une vitesse extraordinaire, dans un train électrique, le réseau qui relie le quartier sud de « Borough » avec la City; à Paris, elle visita avec intérêt les entrepôts spéciaux pour le sucre dans lesquels toute la manœuvre se fait exclusivement par la force électrique; à Berlin, elle étudia, dans un atelier de construction de moteurs électriques, l'aménagement de la transmission dans laquelle les courroies étaient remplacées par l'application directe de l'électricité aux machines outils; et elle put examiner, dans ce même établissement, des ascenseurs et des grues fixes et roulantes agissant électriquement dans d'excellentes conditions. Convaincu alors que l'utilisation de l'électricité comme force motrice était d'une réalisation pratique, l'éminent Ingénieur directeur des travaux de la Ville, M. de Jongh, fut heureux d'entrer encore dans la voie du progrès, et il n'hésita pas à mettre à l'étude le projet qui s'exécute actuellement, et grâce auquel le port de Rotterdam aura été le premier dans lequel on aura organisé la manœuvre de son outillage par l'électricité.

Nous avons pénétré ensuite dans le *Rijnhaven* dont l'entrée, parfaitement tracée par rapport à la direction du courant de l'eau, a son pertuis sur la Meuse, sans pont, et avec une largeur libre de 140 *m* : il est de forme quadrangulaire. Quand il sera terminé, il aura une longueur de 750 *m* sur une largeur moyenne de 400 *m*; le développement des quais accostables sera de 2 200 *m* environ. Comme il est spécialement destiné au transit, sa partie centrale est pourvue de *ducs d'Albe* et de bouées d'amarrage, de manière à permettre les transbordements des navires de mer sur des bateaux de navigation intérieure ou inversement. Sur tout son pourtour, il existe des voies ferrées en communication avec les chemins de fer de l'Etat.

Le creusement du bassin se fait au moyen de trois dragues: l'une d'elles fonctionnant par succion envoie les déblais, au moyen

de tuyaux de refoulement en bois, sur les terrains de la ville, pour les élever de manière qu'ils émergent toujours au-dessus des plus hautes eaux ; à cet effet, des digues en terre suffisamment hautes ont été construites sur tout le périmètre de l'espace à relever; l'eau vaseuse envoyée entre ces digues laisse déposer les terres et, après cette décantatation, elle retourne à la Meuse. Les deux autres dragues sont à godets; elles déversent les déblais dans des chalands qui les transportent devant les points où ils doivent être étalés; là, des élévateurs les reprennent et les conduisent par refoulement derrière les digues. Ce dernier système, malgré la reprise qu'il nécessite, donne des résultats plus satisfaisants, à cause de la nature tourbeuse des déblais ; le transport de ceux-ci s'effectue ainsi plus facilement par l'addition d'eau sous pression.

Pour les raisons économiques que j'ai exposées plus haut, c'est-à-dire dans le but de différer la construction des murs définitifs, on s'est contenté de couvrir d'un clayonnage en fascines les parois intérieures du bassin, et encore n'a-t-on fait ce revêtement que sur la partie supérieure, celle exposée à l'érosion par le mouvement de l'eau ; toute la partie sous eau basse du reste du talus est laissée à nu, quitte à la revêtir après coup, quand il se produit des dégradations ; au-dessus de l'eau la rive est couverte par un enrochement d'un entretien insignifiant. Quand on voudra construire le mur de quai, comme aux Boompjes, on sera certain que le talus aura bien pris son assiette, et le mur se fera économiquement puisqu'il n'aura certainement plus à supporter que la charge du faible remblai qui remplira derrière lui le vide jusqu'à la face antérieure du fascinage.

Ces levées en fascinage y compris l'enrochement du haut de la rive, ne reviennent pas à 190 *f* le mètre.

Le Rijnhaven présente des conditions de sûreté parfaite en temps de débâcle, parce que, en aval des ponts, la Meuse ne charrie pas d'une façon génante et qu'il est facile de tenir ouverts, malgré les fortes gelées, comme nous le verrons, les bassins qui débouchent sur cette partie de son cours.

Pour le débarquement des bateaux chargés de bois et le transbordement des bois, on a construit en aval de l'entrée du Rijnhaven sur le quai de *Katendrecht* un bassin provisoire de 145 *m* de large sur 70 *m* de longueur et 7 *m* de mouillage sous MB, dont les deux môles s'avancent jusqu'au tracé de rectification de la Meuse, à l'alignement du quai de la Princesse. — Les parois de ces môles

et la rive à l'intérieur du bassin sont garnies, comme antérieurement la rive de ce même quai, d'une jetée en fascinages en vue de la construction ultérieure des murs. *(Pl. 52, fig. 17.)*

On a commencé par draguer jusqu'à 0,75 *m* environ sous eau basse, un chenal large de 20 *m*, qu'on garnit d'une large plateforme de fascines, sur laquelle on dépose un massif de clayonnages chargé de glaise jusqu'à la ligne des basses eaux.

Par-dessus on fait un remblai de 4 *m* de hauteur pour arriver au-dessus des hautes marées, on le couvre d'un revêtement en fascines, et le talus du reste de la rive est garni d'un enrochement comme précédemment.

Les terres se tassent ainsi pendant plusieurs années, et, quand on le voudra, on construira le mur du quai dans les mêmes conditions avantageuses que celles dont j'ai déjà parlé. — Ces levées, non compris les dragages, reviennent à 200 *f* le mètre environ.

Travaux en fascinages (1). *(Pl. 52, fig. 18 à 20.)* — J'ai déjà eu beaucoup à parler de l'emploi des fascines que les Ingénieurs néerlandais utilisent avec tant d'habileté et tant de succès dans la plupart de leurs travaux, aussi me semble-t-il indispensable de consacrer quelques lignes à la description sommaire de cet ingénieux et utile procédé.

Ces fascines servent à construire des plates-formes qu'on emploie soit en revêtement pour la défense des rives, soit au fond de l'eau pour empêcher les affouillements, soit enfin par assises dans l'eau ou hors de l'eau pour la construction de digues, de barrages ou de jetées.

Les plates-formes sont toujours construites sur la rive à un niveau intermédiaire entre la basse et la haute mer, afin qu'après leur achèvement on puisse les faire flotter à la marée montante.

Pour les construire, on place d'abord, dans deux sens perpendiculaires entre eux, des saucissons (longs cylindres formés d'une suite de fascines, de 0,10 *m* à 0,15 *m* de diamètre, solidement reliées entre elles), de manière à former un cadre dont les éléments sont espacés de 0,90 *m* à 1 *m* d'axe en axe. A leurs intersections, les saucissons sont reliés entre eux par des cordes goudronnées dont les bouts sont relevés sur des piquets, de manière à pouvoir servir plus tard à relier les parties supérieures.

Dans les intervalles du cadre ainsi constitué, on place d'abord une première couche de fascines ordinaires perpendiculairement

(1) Croizette-Desnoyers : *Notice sur les Travaux publics en Hollande.*

au rang inférieur des saucissons, et de manière à affleurer ceux du rang supérieur; puis on étend sur le tout, en sens contraire, une deuxième couche de fascines et souvent encore d'autres couches, en ayant soin de croiser toujours leurs directions.

Enfin on recouvre l'ensemble de ces couches par un nouveau cadre de saucissons, dont les intersections doivent correspondre exactement à celles du cadre inférieur, et sont relevées avec elles au moyen des cordes goudronnées dont les bouts ont été réservés à cet effet. Il en résulte que les couches intermédiaires de fascines sont très fortement serrées entre les deux cadres, et que l'ensemble forme un système très solide, tout en présentant une flexibilité qui lui permet de s'appliquer exactement sur le terrain et d'en suivre les inégalités.

Le nombre des couches intermédiaires de fascines est réglé d'après les conditions de l'ouvrage auquel les plates-formes sont destinées. — Lorsqu'on place plus de trois couches, il est avantageux de disposer les deux du milieu de telle sorte qu'elles se croisent obliquement par rapport à la longueur de la plate-forme, afin d'établir ainsi une sorte de contreventement. — Dans aucun cas, l'épaisseur ne doit dépasser 1 *m*, car les plates-formes deviendraient ainsi trop raides et perdraient l'avantage de s'adapter aux inégalités du fond. — Lorsqu'une faible épaisseur est suffisante, on remplace souvent une partie des fascines par des roseaux.

Lorsque les plates-formes doivent être coulées et fixées au fond au moyen de lest, la surface supérieure doit être pourvue de compartiments, afin que le lest reste en place après l'immersion si le fond est en pente, ou pendant l'immersion si elle n'est pas effectuée bien régulièrement. Ces compartiments sont formés par des clayonnages entrelacés sur des piquets verticaux plantés dans les lignes de saucissons. Il importe que ces piquets soient fortement engagés dans la plate-forme, lorsque le sol où elle doit reposer est très incliné; mais il faut éviter avec soin qu'ils ne pénètrent pas au-dessous du cadre inférieur, de crainte qu'en touchant le fond ils ne soient cassés, ou qu'en résistant ils ne donnent lieu à des cavités à travers lesquelles l'eau pourrait trouver passage. Des poteaux beaucoup plus solides, formés de plusieurs piquets croisés obliquement, sont placés de distance en distance pour recevoir les cordes qui doivent servir à conduire la plate-forme en place et à la faire descendre avec régularité pendant le chargement.

Lorsque tout est ainsi préparé, on met la plate-forme à flot,

et on amène auprès d'elle des bateaux qui viennent l'entourer et la conduire au lieu d'emploi. Ces bateaux sont chargés du lest pour l'immersion, et ce lest doit être employé avec le plus de régularité possible, car si la plate-forme ne s'enfonçait pas également sur toute sa surface, il pourrait en résulter de graves accidents, et les courants qui s'établiraient au-dessus pourraient raviner le fond d'une manière fâcheuse. L'opération est toujours très délicate quand elle s'applique à de grandes plates-formes ; il ne faut donc alors l'entreprendre que par une mer calme, avec un personnel très exercé et surtout à l'instant de l'étale.

Les dimensions de ces plates-formes sont souvent très considérables : leur superficie dépasse quelquefois 2 000 *m.* Elles sont beaucoup plus longues que larges, parce que le chargement deviendrait très difficile si l'on donnait trop de largeur.

Pour le lest, on peut se contenter de graviers, d'argiles, de gazon ou de décombres dans les eaux calmes ; quand il y a des courants, il faut que le pourtour au moins soit chargé avec des pierres ; enfin, pour résister à l'action des vagues, le chargement doit être en pierres aussi lourdes que possible.

Pour une plate-forme de 0,50 *m* d'épaisseur il faut environ 350 *kg* par mètre carré.

Enfin, quand on superpose plusieurs plates-formes, il faut que pour chacune d'elles la couche de lest soit bien complète et bien régulière, afin que l'une repose sur l'autre sans laisser le moindre vide.

L'emploi de ce procédé n'avait été d'abord appliqué que pour la confection de barrages ou de digues à l'intérieur ; mais les résultats ont été tellement favorables et durables que les Ingénieurs hollandais se sont enhardis jusqu'à l'essayer pour les travaux à la mer. C'est précisément dans l'exécution du grand projet de l'Ingénieur P. Caland *(Nieuve Waterweg)*, pour l'ouverture de la nouvelle embouchure à travers le Hœk van Holland (1), que les jetées à la mer furent construites, pour la première fois, par la superposition des plates-formes en fascines recouvertes d'enrochements. Le succès a été des plus complets et, depuis, les applications du système se sont poursuivies sur la plus grande échelle et toujours avec une pleine réussite.

Docks flottants. — Toujours en suivant la rive gauche, nos bateaux nous ont fait passer devant un petit bassin dans lequel se

(1) Conférence de M. Repelaer van Driel.

trouve un dock flottant en bois, appartenant à un particulier; mais immédiatement après nous avons vu le Dockhaven (bassin du dock), dans lequel la ville possède et exploite un dock flottant en fer.

Le Dockhaven a 350 *m* de long sur 150 *m* de large : la profondeur générale est de 5,66 *m*, mais elle est portée à 9,66 *m* sous l'étiage, à l'endroit où doit pouvoir plonger le dock entier, et à 8,66 *m* sur l'emplacement spécial du petit dock.

Ce dock est composé de deux parties formant chacune un dock distinct : l'une a une longueur de 90 *m*, et l'autre 48 *m;* elles sont construites d'une manière analogue et quand on les couple on obtient une seule cale de 138 *m* de longueur permettant de traiter les plus grands bâtiments : les largeurs communes sont de 27,40 *m* à l'extérieur, hors œuvre, et à l'intérieur, entre les caissons latéraux, de 20,40 *m* au plafond, et de 21,40 *m* au sommet. *(Pl. 52, fig. 21.)*

Lorsque les docks fonctionnent séparément, ils sont mouillés à l'arrière l'un de l'autre, mais le plus petit est placé parallèlement au grand pour en faciliter le service.

Chacun des appareils se compose d'un caisson de fond et de deux caissons latéraux. Le premier a, sur l'axe, 3 *m* de hauteur et, sur les côtés extérieurs, 2,70 *m* seulement. Le plafond présente une double pente de 0,007 *m* par mètre, dirigée du milieu vers les côtés, et le fond, une double pente en sens inverse, de 0,014 *m* par mètre. Les caissons latéraux ont 7,50 *m* de hauteur, 3,50 *m* de largeur à la base, et 3 *m* au sommet.

Le caisson de fond, ou ponton, du grand dock est divisé en 12 compartiments, et celui du petit en 8 par des cloisons étanches longitudinales et transversales.

Les caissons latéraux présentent trois étages : ils sont couverts d'un plancher en tôle striée formant plate-forme, sur lequel sont installés les cabestans ainsi que les treuils pour la manœuvre des pièces de calage, accores, clés à coulisse, espars de serrage, tins de fleur, etc. Un garde-corps, constitué par des montants en fer à T réunis par une charnière, est établi sur les plates-formes.

Pour mettre en communication les voies de passage au sommet des deux caissons, le grand dock est muni à chacune de ses extrémités d'une passerelle à grue et d'une passerelle à bascule. Chaque moitié de la passerelle à bascule comprend une partie tournante, en forme de potence, qui soutient le tablier en service et vient se rabattre sur les côtés, et une partie levante qu'on peut, une fois

levée, transporter sur des roues jusqu'à la paroi extérieur du dock. Le petit dock n'a que des passerelles à grue.

Chaque dock est pourvu de deux pompes centrifuges à vapeur : celles du grand dock peuvent élever 8100 m^3, celles du petit 4300 m^3 à 3 m de hauteur en deux heures. Elles sont établies dans le compartiment du milieu de chaque caisson latéral qui est, à cet effet, isolé du reste de la construction par des cloisons étanches. La prise d'eau consiste en une large ouverture qui se ferme au moyen d'une vanne manœuvrée de la chambre des machines. La conduite correspondante se subdivise en autant de branchements qu'il y a de compartiments, et chacun d'eux peut être isolé par une vanne manœuvrée comme la vanne principale. Des flotteurs aboutissant à la chambre des machines permettent de lire le niveau de l'eau dans chaque compartiment ; les chambres des machines sont reliées par des tuyaux acoustiques aux bureaux portés par les deux plates-formes.

La violence des vents d'ouest, particulièrement dangereux sur une rive plate et ouverte comme l'est celle du Dockhaven, a fait recourir pour l'amarrage des docks à des dispositions spéciales (*Pl. 52, fig. 22*) dues à M. Wittop Koning, l'habile ingénieur que j'ai déjà nommé à l'occasion de son remarquable sauvetage de la pile du Willemsbrug.

Les grosses chaînes nécessaires à l'amarrage ne pouvant être fixées ni à des pieux sur la rive, ni sur ancres perdues, parce qu'elles auraient entravé la circulation dans le bassin, M. Wittop Koning les a frappées sur des pieux de cime, fixés dans des massifs en maçonnerie de béton de 5 m de côté et de 4 m de hauteur. Chaque massif repose sur 63 pilots disposés en carré régulier et répartis en 9 groupes de 7 pilots chacun ; les groupes extérieurs présentent une paroi verticale du côté du dock, et une paroi inclinée sur les autres côtés. Après avoir butté tous les pilots en place, on suspendait par-dessus, au moyen de grosses vis et de fortes traverses, un caisson en charpente destiné à servir de fondement à la maçonnerie. Les traverses étaient fixées sur la tête des pilots centraux de chaque groupe, tenus à cet effet de 1,50 m plus long que les autres ; le fond du caisson présentait les ouvertures nécessaires pour laisser passer la tête des 9 groupes de pilots.

On chargeait alors le caisson de béton, et on le faisait descendre régulièrement de manière que son plan restât parfaitement horizontal. Le béton était déposé au fur et à mesure en tas pyramidal,

et quand on avait ainsi atteint une hauteur un peu supérieure au niveau d'eau basse, on profitait du jusant pour maçonner un mur tout à l'entour. On comblait enfin l'espace laissé vide au moyen d'une dernière coulée de béton.

Les sommets des groupes de pilots, liés par des colliers en fer, sont ainsi encastrés dans le béton. A l'extrémité du pilot central est posé et solidement arrêté le pieu de cime en fonte creuse, rempli de béton, noyé sur une profondeur de 1,20 *m* dans le lit de béton et dépassant de 1 *m.* le plan supérieur du bloc de maçonnerie rechampi en ciment. Le nombre des massifs d'amarrage est de 8.

Pour le nettoyage et la réparation du dessous du dock à l'extérieur, on a construit un appareil en bois ressemblant lui-même à un dock très court avec ponton ouvert au sommet. On l'immerge d'abord à la profondeur nécessaire et on le conduit à l'une des extrémités du dock, sous lequel on l'engage, de façon que le plafond du ponton, dont les dimension intérieures correspondant exactement aux dimensions extérieures du dock, porte en travers de celui-ci. On met alors en jeu les pompes, et l'appareil s'élève avec une force suffisante pour que ses bords supérieurs, munis d'une garniture en cuir, s'appliquent à joint étanche contre le fond du dock. Les ouvriers pénètrent par les caissons latéraux qui émergent le long des côtés du dock, et le travail s'effectue sans difficulté sur tous les points.

Établissement du commerce de pétrole. — A la suite du Dockhaven se trouve l'établissement spécial pour le commerce du pétrole, qui a pris à Rotterdam une extension rapide et considérable.

Cet établissement se trouve sur le territoire de l'ancienne commune de Charlois qui a été annexé à Rotterdam, comme l'a été le port de Delft (Delftshaven), qui est situé en face sur la rive droite, et dont j'ai déjà parlé quand, à notre arrivée en Hollande, nous avons passé devant la ville de Delft. Il occupe tout le quai Saint-Jean sur plus de 1 *km* de longueur.

C'est en 1876 qu'une Société industrielle, les *Pakhuismeesteren*, fit construire là des magasins à pétrole sur des terrains qu'elle loua à la Ville, en accordant à celle-ci, en plus de sa location, la perception d'un droit de stationnement pour chaque bateau qui accostait devant l'établissement. Il avait été convenu que le montant de ces droits ne serait versé dans la caisse de la Ville qu'après

avoir aidé à rembourser tous les frais d'établissement et d'entretien des levées en fascinages, pieux d'amarre, etc., construits devant ces magasins. Il a suffi de quelques années pour amortir complètement ces frais, de sorte que ces quais ne coûtent rien à la Ville, et celle-ci continue à encaisser la totalité des frais de port.

La Société, qui ne recevait d'abord et n'emmagasinait que du pétrole en fûts, fit construire, en 1887, six grands réservoirs en tôle pouvant contenir chacun 2 800 000 *l* de pétrole, pour permettre d'emmagasiner le pétrole arrivant en vrac d'Amérique. Ces réservoirs étaient alors exploités exclusivement par une maison de Rotterdam, de compte à demi avec une maison américaine qui possédait seule les bateaux-citernes amenant le pétrole directement de New-York, et les bateaux rhénans transportant aussi en vrac le pétrole puisé aux réservoirs; la maison américaine avait de plus de petits bassins d'entrepôt à Mannheim et ailleurs, d'où le liquide était expédié en barils sur ses diverses destinations en Allemagne.

Mais, depuis, il s'est encore accompli une grande et importante révolution dans le commerce du pétrole par la constitution de la colossale Société américaine, la *Standard Oil Company*, au capital de 400 millions de francs, qui a accaparé toutes les sources de pétrole aux États-Unis, et qui, après avoir racheté la *Tide-Water Company* qui alimentait l'établissement de Rotterdam, entreprit, en 1889, de faire pour son propre compte le transport des pétroles dans toute l'Europe.

Elle fit l'acquisition des grands établissements qui existaient à Brême et à Hambourg pour former, à l'aide de ceux-ci, une Compagnie spéciale, la *Deutsch-Amerikanisch Petroleum-Gesellschaft*, qui n'était autre que la succursale en Allemagne de la Standard Oil Company.

Cette grande Société pouvait ainsi alimenter une bonne partie de l'Allemagne ; mais, pour les provinces rhénanes et le sud de l'empire, il lui fallait un port plus méridional ; Rotterdam s'imposait. Aussi, dans les premiers mois de 1890, la Standard Oil Company prit en location, à raison de 35 000 *f* par an, le terrain compris entre le Petroleumhaven et le Dockhaven.

Ce loyer paie largement l'intérêt et l'amortissement des frais que la ville a eu charge de faire pour la création du bassin Saint-Jean, construit en fascinages, sur 125 *m* de long, 60 *m* de large et 3 *m* de profondeur à mer basse, et qui sert de débarcadère aux

bateaux rhénans. Le Petroleumhaven, qui a 165 *m* de longueur, 60 *m* de largeur et 3 *m* de profondeur, sert à la même Compagnie, de moitié avec l'établissement des Pakhuismeesteren, qui a la propriété de la partie ouest du bassin.—Du reste, comme cela existait déjà avec cette dernière, la ville touche de la Compagnie américo-allemande, en plus du loyer ci-dessus, les droits de port, qui constituent un joli revenu puisque, rien que pour l'année 1890, elle a perçu de ce chef une somme de plus de 60 000*f.* Cette dernière Compagnie est en train de construire trois nouveaux grands réservoirs à pétrole.

Comme la Compagnie du « Standard » a le monopole des pétroles américains, il s'est fait naturellement une entente avec les maisons de Rotterdam qui exploitaient l'autre établissement; il en a été de même avec les maisons d'Anvers; il s'est donc ainsi constitué une nouvelle succursale de la Société américaine, sous le nom de *American Oil Company;* de sorte qu'à l'avenir les pétroles d'Amérique ne pénétreront plus en Europe que par les ports de Hambourg, Brême, Anvers et *Rotterdam.*

Ces quatre ports, exclusivement alimentés pour le commerce de pétrole par une seule et même intéressée, n'auront pas à redouter de concurrence; et, pour que les deux succursales, la American Oil Company et la Deutsch-Amerikanisch Petroleum-Gesellschaft, ne puissent pas se gêner, elles se sont partagé la clientèle : la première desservira les Pays-Bas et la rive droite du Rhin, l'autre, la rive gauche et la Suisse.

Les pétroles de Russie font un peu la concurrence à cette association par leur importation à Anvers, mais jusqu'à présent il n'en entre absolument pas par Rotterdam.

Canal et ville industriels. — J'ai pensé intéressant de vous présenter cet historique du commerce du pétrole, que j'ai extrait d'une savante communication faite le 10 février 1891, à l'Institut royal des Ingénieurs hollandais, par l'habile Ingénieur de la ville de Rotterdam, M. Van Isselstein, parce que vous y voyez, comme dans tout ce qui précède, que si la municipalité de cette ville administre avec sagesse, en confiant la direction de ses travaux à des Ingénieurs de talent qui savent trouver ce qu'il faut pour faire grand, vite et à bon marché, elle agit avec l'habileté d'un grand industriel, la prévoyance d'un commerçant consommé pour tirer le plus avantageux parti de ses ressources, de ses moyens, de sa situation exceptionnelle, de son fonds. Elle ne se contente pas

de profiter largement de tous ses avantages pour le présent, elle se préoccupe de l'avenir; elle veut continuer à s'étendre, elle veut que son port devienne au moins l'égal, sinon le maître, des plus grands ports de l'Europe.

C'est pour cela qu'elle a consacré aujourd'hui plus de 60 millions de francs à l'amélioration de sa nouvelle voie d'accès de la mer à Rotterdam à travers le Hoek van Holland. Elle sait que pour s'attirer et s'attacher une bonne clientèle, il faut donner à celle-ci des facilités, des avantages qu'elle ne trouvera pas ailleurs. Par cette nouvelle voie, les plus grands bâtiments peuvent arriver en toute sécurité, à toute heure de jour ou de nuit, par tous les temps, même dans les hivers les plus rigoureux; ils sont sûrs de trouver la passe ouverte et de pouvoir être rendus en deux ou trois heures au mouillage devant la ville (1). Grâce aux dépenses que la ville a faites pour la construction de ses ponts, de ses bassins, de ses quais et de tout son outillage, dont je n'ai fait que vous donner un aperçu, ces mêmes grands bâtiments peuvent se loger, manœuvrer avec aisance et surtout opérer un déchargement rapide, qui ne les obligera à rester dans le port que peu de temps (2). De même pour le chargement dont nous avons vu un exemple avec le Kolentip qui a été surtout construit en vue d'assurer du fret pour le retour. Car il ne suffit pas qu'un port soit sur un grand canal qui pénètre dans l'intérieur du pays, pour lui attirer le trafic du transit: il faut que les navires qui viennent y accoster soient de plus certains de ne pas revenir à vide, parce qu'alors ils transporteront à meilleur marché, et la route passant par ce port sera la moins coûteuse, partant la plus recherchée.

Dans cet ordre d'idées, Rotterdam travaille à ouvrir largement son port à l'exportation; et, pour cela, elle veut devenir une ville industrielle. Les grands ports d'Anvers, les ports anglais, etc., sont favorables à l'exportation à cause de la grande industrie de leurs pays. En Hollande, il n'y a pas d'industrie; il faut en créer et, si celle-ci doit faire la fortune du port par l'exportation, réciproquement elle sera florissante si elle s'établit sur un port de transit qui lui facilitera les débouchés et son alimentation. C'est là le

(1) En juin 1888, le vapeur *Akaba* tirant 7,60 *m* d'eau, jaugeant 4 000 *t* et chargé de 5 000 000 de kilog. de grain qu'il amenait d'Odessa, s'est rendu en deux heures dix minutes de la mer au mouillage devant la ville.

En septembre 1887, le vapeur anglais, , le *Germania*, long de 300 pieds, jaugeant 2 000 *tx*, franchissait à 10 heures du soir l'entrée de la nouvelle voie, et était amarré à 2 heures après minuit sur son emplacement de déchargement.

(2) En septembre 1887, le vapeur la *Serpho*, de Baltimore, jaugeant 1 620 *t* accostait en pleine charge à 1 heure de l'après-midi, commençait à 2 heures son déchargement qui se trouva terminé le lendemain à la même heure.

grand but que veut atteindre la municipalité de Rotterdam, et c'est pourquoi elle réserve une grande superficie de ses terrains de la rive gauche de la Meuse, en aval des établissements de pétrole, pour l'établissement de fabriques et d'usines qui seront desservies par le *Canal industriel* que nous avons vu creuser dès maintenant parallèlement au fleuve. C'est là que sont amenés les déblais provenant du Rijnhaven, pour être extraits des chalands par des élévateurs, et être employés à l'exhaussement du terrain jusqu'au-dessus des plus hautes eaux, pour préparer l'emplacement de la ville industrielle. Les dragages pour le creusement du canal rejettent les déblais à droite et à gauche pour en former les berges qui sont garnies de fascinages jusqu'à 0,50 *m* au-dessus du niveau de l'eau. La plus grande activité règne sur cette partie du fleuve où plus de 1 500 ouvriers, occupés en régie aux frais de la ville aux travaux de dragage et de régularisation du cours de la Meuse, travaillent à côté de ceux de l'entreprise du creusage du Rijnhaven qui se fait à forfait. Grâce au matériel bien compris et bien complet que la municipalité met à la disposition de ses entrepreneurs, le forfait s'exécute dans des conditions réellement étonnantes de bon marché. Ainsi le transport des déblais du Rijnhaven jusqu'au canal industriel, leur dragage et leur mise sur berge, au moyen des dragues à couloirs, ne reviennent pas à plus de 0,60 *f* le mètre cube en place.

Déjà le mouvement est donné ; des usines existent, d'autres se construisent : des verreries, des distilleries, des fabriques de bougies, des raffineries de sucre, etc., occupent une partie des emplacements vendus par la ville. Et parmi ces établissements nés d'hier, il y en a un surtout qui a frappé notre attention et excité notre étonnement; on y traite un produit d'origine française, mais qui s'est fait naturaliser américain, *la margarine* qui a choisi Rotterdam comme entrepôt exclusif pour l'Europe, et dont le commerce considérable qui s'en fait est intimement et naturellement lié à l'industrie du beurre de margarine. Il s'est alors créé tout de suite, à Rotterdam, d'immenses fabriques de cet article ; vous en jugerez l'importance quand je vous aurai dit que, d'après la statistique, il a été importé rien qu'en Angleterre, en 1889, pour cent millions de francs de ce beurre artificiel et dans ce chiffre, les fabriques de Rotterdam entraient à elles seules pour quatre-vingt-cinq millions de francs.

Rive droite de la Meuse. — Nous avions alors terminé la

partie la plus intéressante de notre visite du port de Rotterdam; car rien de bien remarquable ne nous a été signalé le long de la rive droite de la Meuse que nos bateaux ont remontée pour aller, en passant sous les deux ponts fixes du Villemsburg et le grand pont du chemin de fer, accoster au quai de l'Est près de la gare du chemin de fer Rhénan. Nous avons longé le Parkkade de 530 *m* de longueur qui est en cours d'exécution, et dont les murs sont préparés par des fascinages, puis successivement le Westerkade long de 350 *m*, le Willemskade long de 520 *m*, le Boompjeskade long de 940 *m*, le Oosterkade long de 360 *m* et le Rijnspoorwegkade (quai du chemin de fer Rhénan) long de 500 *m*.

Je ne parlerai pas des nombreux bassins de cette rive dont j'ai déjà cité plusieurs lors de notre arrivée et de notre promenade dans la ville, et qui ne servent plus du tout à la navigation de mer. Les ponts sur ces bassins sont d'anciens ponts tournants ou à bascule avec largeur de passe de 10 à 15 *m*; je dirai seulement que l'ensemble de ces bassins représente une superficie de près de 50 *ha*, et que le développement des quais est de près de 12 *km*.

Les bassins de la rive gauche ont une superficie de 45 *ha* et un développement de quais de près de 9 *km*.

L'outillage du port sur la rive droite ne comprend que : une grue fixe à bras de 10 000 *kg* et une à vapeur de 25 000 *kg* sur les quais de la ville; et à la gare du chemin de fer Rhénan, deux grues à vapeur de 1 500 *kg*, cinq de 2 000 *kg* et une grue à bras de 20 000 *kg*.

La ville n'a sur cette rive aucun établissement pour le dépôt des marchandises. Beaucoup de maisons de commerce ont bien des magasins le long des anciens bassins, mais les marchandises restent en général à ciel ouvert sur les quais ; quand le mauvais temps y oblige, on se sert de prélarts loués pour les abriter. — Il n'y a réellement de hangars couverts, sur la rive droite, qu'à la gare Rhénane devant laquelle nous avons débarqué à une heure et demie.

Hiver de 1890-91. — Notre visite était terminée : mais avant de quitter le port de Rotterdam, c'est ici le moment de consacrer quelques lignes aux faits qui se sont produits dans l'hiver rigoureux de 1890-91, pendant lequel, comme nous l'a fait remarquer M. Repelaer Van Driel, Rotterdam a été le seul port de mer de l'Europe occidentale qui ait pu rester toujours accessible aux gros navires. Non seulement la navigation n'a pas été interrompue un

seul instant, mais il n'y a pas un seul navire de mer ou autre qui ait eu à souffrir du charriage des glaces.

Ce résultat a été atteint en veillant d'abord avec une attention soutenue à ce que le fleuve ne pût pas commencer à prendre dans les angles ou autour des piles des ponts, et pour cela on faisait circuler activement, et sans cesse, des bateaux spéciaux munis d'éperons brise-glace.

La ville de Rotterdam possède trois bateaux armés pour ce service, elle en loua un quatrième pour toute la saison. A l'aide de ces engins on brisait chaque jour la glace qui s'était formée dans un bassin pendant la nuit. Quand celle-ci était en morceaux, on mettait sous pression, au jusant, deux petits remorqueurs à vapeur, accouplés par une longue poutre transversale munie d'une armature en fer à l'aide de laquelle les glaçons étaient chassés du bassin. — Pour éviter leur retour à la marée montante, on a pu au commencement se contenter de placer en travers, à l'entrée du bassin, de grosses poutres percées d'ouvertures; mais cela devint impossible avec le mouvement toujours croissant des entrées et sorties des navires de mer, et on se contenta alors de briser les glaçons qui arrivaient avec le flux, et de les empêcher, en se soudant les uns aux autres, de faire une croûte solide.

Pour se rendre compte de la violence de la lutte qu'il a fallu soutenir, il suffirait de dire que les quatre bateaux à éperon ont usé vingt-trois hélices pendant cette laborieuse campagne. — On a essayé les hélices en tôle, mais alors les palettes se faussaient. — Pour changer ou réparer les hélices, une grue à vapeur soulevait le bateau pour sortir l'arrière de l'eau; cela se faisait pendant la nuit, pour qu'au jour l'engin puisse reprendre son service.

On a eu aussi de grandes difficultés pour maintenir en état de fonctionnement les appareils hydrauliques, et l'on sait que c'est pour éviter ce grave inconvénient qu'on fait maintenant sur le grand nouveau bassin l'installation d'un outillage actionné par l'électricité.

Il a fallu également s'ingénier à trouver ou à improviser des magasins pour loger les marchandises qui, débarquées, devaient attendre que la navigation fluviale fut rouverte pour pouvoir être rendues à leur destination. Quand tout ce qu'il y avait de disponible à Feyenoord fût bondé, on établit un service de camionnage pour aller remplir ce qu'on put trouver de locaux vides dans Rotterdam, puis on prit en location, à des prix exorbitants, de grands bateaux Rhénans dans lesquels on transbordait les marchandises.

Ce fut une telle source de bénéfices pour les bateliers, que de vrais spéculateurs n'ont pas craint d'entreprendre la *route de mer* avec de grands *bateaux fluviaux* pour venir d'Anvers à Rotterdam profiter de l'aubaine.

On voit donc au prix de quels efforts la ville de Rotterdam est arrivée à son but ; mais tout cela n'est rien en comparaison de ce qu'il a fallu déployer d'énergie, dès le début, pour arriver à préparer le logement des navires de mer dans les grands bassins voisins du chemin de fer de l'État (1), le Binnenhaven et le Spoorweghaven, en grande partie occupés par les bateaux fluviaux. Ceux-ci devaient se garer dans le Rijnhaven, le Parkhaven et d'autres bassins secondaires. Ce n'est que grâce à la fermeté, à l'activité et à la surveillance incessante du commissaire maritime qu'on a pu arriver sans désordre à faire prendre à plus de treize cents de ces bateaux, qui ont dû hiverner à Rotterdam, la place qui était assignée à chacun d'eux ; les uns résistaient avec l'espoir de pouvoir attendre, où ils étaient, l'apaisement prochain des rigueurs de l'hiver ; tels autres ne voulaient pas se laisser remorquer au milieu des glaçons avec leur chargement encore complet ; d'autres étaient justement en train de débarquer leur cargaison, etc., etc.; et quand on pense que nombre de ces *Barques-Rhénanes* jaugent 1 000 et 1 2000 *tx* et tiennent autant de place que des navires de mer, on voit le soin avec lequel il a fallu procéder pour trouver pour chacun une place disponible dans ces emplacements déjà trop pleins.

C'est donc à juste titre que la ville de Rotterdam peut s'enorgueillir d'avoir pu, seule entre toutes, réussir à maintenir son port ouvert pendant toute la durée de cette saison d'une rigueur extraordinaire : elle le doit à la vigilance de sa municipalité, au talent et au zèle de ses Ingénieurs, à l'énergie et à l'intelligence de son commissaire maritime et à la bonne discipline de tout le personnel employé aux différents services du port.

Déjeuner à bord du « Merwede ». — Nous n'avons quitté les bateaux-mouches que pour embarquer sur le magnifique bateau à salon le *Merwede*, où allait nous être servi un somptueux déjeuner que nous offraient encore nos aimables et généreux collègues néerlandais. On avait eu le projet de nous faire déjeuner en plein

(1) Les navires de mer ont droit au maximum à sept ou dix-huit jours d'amarrage dans le port, suivant qu'ils sont à vapeur ou à voiles. Le percepteur des droits doit veiller à ce que le déchargement s'opère dans le délai voulu, sous peine d'une indemnité relativement élevée pour chaque jour de retard.

air, sur le pont, pour nous faire jouir en même temps de la vue du panorama des rives animées et pittoresques que nous allions suivre ; mais à cause du temps peu favorable, le couvert a dû être mis dans le salon du bateau qui, pendant tout le repas, est resté à manœuvrer, sur place, au milieu du fleuve, faute de pouvoir demeurer accosté au quai, à cause des exigences du service du port, et pour ne pas nous priver de voir le ravissant paysage que traverse la voie fluviale jusqu'à Dordrecht et le Hollandsch Diep.

C'était encore un très beau coup d'œil que cette table de cent vingt-cinq couverts dressée avec luxe dans le confortable et beau salon du *Merwede* ; ici, de nouveau, je ne puis vous montrer un original allégorique du menu dont le dessin fin et spirituel, dû au peintre habile M. Linse, et artistement exécuté par M. Poortman, graveur de S. M. la Reine Régente, à Rotterdam, représente une grenouille chargée d'attributs des Sciences et des Arts et des drapeaux hollandais et français, et qui sort des roseaux, sur le passage de notre bateau, pour crier : « Vive la Société des Ingénieurs civils ! »

A ce déjeuner, un toast chaleureux fut d'abord porté par M. le Président Polonceau à l'habile Ingénieur M. de Jongh, qui a bien voulu diriger la très intéressante visite que nous avons faite le matin, et durant laquelle, grâce à sa haute compétence, nous avons eu les explications les plus claires et les plus précises sur tout ce que nous avons vu, ainsi que sur l'organisation et l'exécution des grands travaux dont on lui doit, pour la plupart, la conception et les projets.

M. l'Ingénieur de Jongh répondit en ces termes :

Messieurs les Ingénieurs français,

Je suis heureux de pouvoir à mon tour vous guider, car chaque fois que j'ai visité la France, j'ai toujours été reçu avec la plus grande cordialité. Toujours les Ingénieurs se sont mis à ma disposition et toujours je suis revenu rapportant des documents de toute nature, des kilos d'imprimés et de notes, qui ont facilité mes travaux.

Mes collègues de l'Institut sont tous dans le même cas. C'est donc sans phrase, mais avec emphase et avec vérité que je déclare qu'il m'est agréable, non seulement à moi, mais à tout l'Institut, de vous recevoir.

Je prie votre Président de bien vouloir répéter à tous, que les Ingénieurs néerlandais seront heureux de vous rendre des services lorsque l'occasion s'en présentera, et de consolider l'amitié qui unit les Ingénieurs des deux pays.

Ensuite M. Tideman, le secrétaire de l'Institut, porta particulièrement « la santé de M. de Dax, Agent Général de la Société des

Ingénieurs civils de Paris, qui a si bien contribué à la préparation et à l'organisation du voyage, et que tous les Ingénieurs français et néerlandais veulent saluer comme un ami. »

Après que l'enthousiasme général provoqué par ce toast se fut calmé, M. Gosschalk, qui devait diriger le lendemain notre visite d'Amsterdam, nous donna quelques indications sur l'organisation de cette excursion et sur la réunion qui devait avoir lieu dans la soirée au Jardin zoologique de cette ville, « Natura artis magistra », pour clôturer cette brillante série de jours de fête.

Sortie de Rotterdam. — Après nous nous sommes réunis sur le pont, et le *Merwède*, qui avait arboré le pavillon de l'Institut royal des Ingénieurs néerlandais, obéit au commandement de « marche en avant » et se dirigea en amont du grand pont du chemin de fer, en remontant la Meuse, qui fait immédiatement un grand coude vers le sud. Nous laissions à droite, sur les bords de l'île de Fejenoord, les grands établissements de la Nederlansche Stoomboot Maatschappij, immenses usines et chantiers de construction de navires à vapeur; et à gauche, *le Plantage*, magnifique parc qui est la plus ancienne des promenades de Rotterdam.

Ce jardin, aux arbres centenaires, forme à la pointe S.-E. de la ville le pendant du *Parc*, que nous avons visité au S.-O., et qui donne son nom au quai et au bassin construits à son extrémité, sur la rive droite de la Meuse. Il y a ainsi deux belles promenades aux deux sommets de base du triangle formé par le vieux Rotterdam, qui a son troisième sommet également agrémenté d'un magnifique lieu de plaisir, le *Jardin zoologique*.

Usine d'alimentation hydraulique de Rotterdam. — Tout de suite après on nous montrait la grande et belle usine d'alimentation hydraulique, sur le fonctionnement de laquelle nous avons pu avoir quelques renseignements, que je dois encore à l'obligeance de l'aimable Ingénieur M. de Jongh.

La ville est alimentée par le mélange des eaux de l'Yssel, du Waal, du Leck et de la Meuse, mélange encore potable à certaines heures, car il n'est un peu salé que pendant le flot, dont l'effet se fait sentir jusqu'à une centaine de kilomètres dans l'intérieur. Le flot monte pendant huit heures et descend pendant quatre heures. Ce n'est que deux heures après l'étale qu'on ouvre les vannes d'entrée dans les bassins de décantation, parce qu'on a bien observé qu'après ce délai toute l'eau refluée en amont était redescendue en aval de la prise d'eau.

Le nombre et les dimensions des bassins de décantation ont été successivement agrandis avec les extensions du territoire de la ville et les accroissements de la population.

Actuellement on en construit un nouveau, en bordure sur la ligne de rectification de la rive droite de la Meuse : il n'aura pas moins de 45 000 m^2 de superficie, et il pourra fournir plus de 70 000 m^3 d'eau par vingt-quatre heures. Il se trouve en avant des deux anciens bassins, qui vont être réunis en un seul ayant la même capacité que le nouveau. Chacun de ces bassins est commandé par une écluse à guichets « Honeijs Patent » placée au fond d'une petite passe perpendiculaire au sens du courant, abritée en amont par une digue en fascinages. De cette façon, ce n'est que de l'eau chargée de vase et de matières légères qui peut entrer dans les bassins, où elle se clarifie. De là elle est élevée dans les réservoirs de filtration, qui sont construits en briques et divisés par des cloisons en une vingtaine de compartiments à deux étages. Les réservoirs du haut ont un fond filtrant composé d'une couche de sable de 1 *m* d'épaisseur, que l'eau clarifiée traverse pour arriver filtrée dans l'étage inférieur, d'où, par des branchements indépendants qu'on ouvre à volonté, elle se rend par un petit canal collecteur dans le bassin ou puisard d'aspiration des pompes, qui la refoulent par trois grosses conduites de 0,600 *m* de diamètre dans le château d'eau, dont la hauteur utile au point de vue de la pression est de 30 *m*. Cette hauteur peut être portée à 40 *m* par la manœuvre d'un simple robinet qui, dans des circonstances exceptionnelles, en cas d'incendie, par exemple, dirige l'eau des pompes dans un réservoir supplémentaire plus élevé, branché du même coup sur la distribution. La surface des filtres est d'environ 28 000 m^2. La force motrice a été aussi graduellement augmentée : elle comprend aujourd'hui deux machines de 70 *ch*, deux de 100 *ch*, et deux de 150 *ch*.

La nouvelle canalisation qu'on va faire, pour alimenter les quartiers qui se fondent sur la rive gauche sera en tuyaux d'acier de 0,600 *m* de diamètre, du système Mannesmann; et, pour la traversée du fleuve, la branche noyée du siphon sera reliée à la canalisation générale par de grosses rotules en fonte dont M. de Jongh a bien voulu m'envoyer le dessin (*Pl. 52, fig. 23, 24*).

En 1890, le service d'alimentation a débité 14 792 535 m^3 ; la consommation journalière a été quelquefois de 47 000 m^3.

L'établissement hydraulique, rien que pour les constructions, a coûté plus de 8 500 000 *f*.

De Rotterdam au Hollandsch Diep. — Après avoir dépassé à droite la sortie du canal de chasse du Spoorweghaven, que le chemin de fer traverse sur un pont fixe, nous nous sommes trouvés entre des rives peuplées de nombreux moulins.

A gauche, l'embouchure de l'Yssel, rivière qui arrose les campagnes au nord-est de Rotterdam et qui coule alternativement dans l'un et l'autre sens, descendant vers la Meuse ou en recevant de l'eau, suivant les oscillations du flux et du reflux. Son rôle change aussi avec les saisons : en hiver, elle reçoit l'eau surabondante des prairies riveraines, tandis qu'elle les arrose en été par un appareil de vannes et de rigoles.

Un peu plus loin, toujours à gauche, l'embouchure du Leck, bras du Rhin, en grande partie artificiel, car on voit, paraît-il, au départ de ce fleuve, le fossé de dérivation qui a été creusé en l'an 71 de notre ère pour en rejeter à gauche le courant principal. Nous avons ensuite longé une foule de chantiers de constructions dont le plus important est sur la gauche, celui d'Alblasserdam, fondé par un modeste charpentier, qui conquit une grande fortune et rendit son nom populaire en devenant le grand bienfaiteur de la contrée.

Les navires devenaient bien moins nombreux, nous quittions la passe du Noord pour nous engager dans le Dortsche Kil, petit bras de l'ancienne Meuse, après avoir laissé à gauche le Merwede, bras de la Meuse et du Waal réunis, et nous passions devant Dordrecht dont le décor, vu du bateau, est d'un aspect tout autre, mais non moins saisissant, que vu du chemin de fer.

Au calme, à la tranquillité, dans lesquels nous étions depuis Rotterdam, succédait l'animation d'un port ouvert également au grand commerce : nous apercevions des canaux et bassins couverts d'embarcations, chalands, flibots de pêche, bateaux à vapeur. Les navires de fort tonnage peuvent remonter le fleuve jusqu'à son port qui, par la Meuse, se trouve en communication avec la Belgique et la France : les grands trains de bois qui peuvent arriver, par le flottage, en descendant le Rhin depuis la Forêt-Noire et de la Suisse, s'arrêtent à Dordrecht ; ils y sont dépecés et les billes en sont réparties entre les moulins à vent du voisinage qui les débitent en poutres et en planches. C'est aussi par Dordrecht que passent tous les minerais importés d'Espagne pour les grandes usines de Krupp à Essen.

A l'entrée du bassin s'élève un vieux moulin, dans une situation très pittoresque, qui porte la date de 1781.

A la suite, nous avons côtoyé des rives basses bordées de clayonnages de fascines, et couvertes de champs étendus de roseaux ou de saulées, cultivés uniquement pour la grande consommation qui s'en fait dans les travaux de fascinages; et au milieu de ces verdures s'élèvent, en foule, des moulins à galeries circulaires servant à scier les bois, à faire de l'huile, à moudre le blé, le tabac, le tan, etc. C'est une suite merveilleuse de points de vue gracieux que nombre de nos collègues, photographes amateurs, n'ont pas manqué de prendre à l'aide d'appareils instantanés. Mais le décor a bientôt changé, il est devenu imposant, saisissant, grandiose; nous arrivions en vue du pont de Mœrdijk.

Pont sur le Hollandsch Diep, près Mœrdijk. — On ne peut manquer d'être vivement impressionné quand on se trouve en présence d'un travail aussi gigantesque, quand on sait les périlleuses difficultés qu'il a fallu surmonter pour fonder une œuvre d'une telle importance sur un sol affouillable, indéfiniment meuble, dans des eaux souvent très orageuses, soumises à une agitation violente par les vents d'ouest. Le Hollandsch Diep constitue un véritable bras de mer, car il a une largeur de 2 260 *m* à basse mer et de 2 536,50 *m* entre les digues qui limitent ses eaux à haute mer : et bien qu'on soit là à près de 50 *km* de la côte, les courants de flot et de jusant y sont très forts, et l'amplitude moyenne de la marée y est encore de 2 *m*, c'est-à-dire presque égale à celle qui se produit à l'embouchure même.

On comprend que le gouvernement des Pays-Bas ait longtemps hésité à entreprendre cette œuvre difficile, dangereuse, presque téméraire, et qui devait entraîner à des dépenses colossales.

Avant 1868 les trains venant de France et de Belgique s'arrêtaient au Hollandsch Diep, les voyageurs prenaient un bateau qui les conduisait à Dordrecht et Rotterdam par la voie qui nous a amenés au pont de Mœrdijk. Ils voyaient à l'est du pont actuel le Biesboch *(forêt de Joncs)*, résultat de la terrible inondation du 19 novembre 1421 produite par une marée funeste qui a submergé 72 villages : la mer, en se retirant, ne laissa à la place des champs et des maisons qu'un archipel d'îles marécageuses. Les Hollandais ont entrepris de réparer ce désastre de 1421 et de réunir en une seule terre de culture et d'habitation toutes les îles du Biesboch; ce travail se fait petit à petit. En même temps on creuse à travers cette nouvelle terre une rivière, la Nieuve Merwede : celle-ci rejoint le Waal Rhénan à l'estuaire du Hollandsch Diep; son cours

régularisé et approfondi est un canal d'écoulement suffisamment large pour recevoir l'eau des rivières qu'on supprime. On donne ainsi de plus, un accès plus direct et plus rapide à la mer, aux eaux de l'ancienne Merwede, c'est-à-dire du Waal et de la Meuse qui suivaient par Dordrecht et Rotterdam une voie trop étroite et trop longue, défavorable aux riverains du Waal et de la Merwede.

Le pont de Mœrdijk traverse le Hollandsch Diep, précisément à l'embouchure de cette nouvelle rivière, et les remblais qui le prolongent constituent un excellent point d'appui pour les digues que l'on construit pour protéger, contre une nouvelle inondation, les soixante îles du Biesboch qui constitueront un polder de 150 km^2 redevenus cultivables et habitables.

Comme la navigation remonte bien au-dessus de Mœrdijk, et qu'il eût été dangereux de la faire passer dans le lit principal, parce que souvent la violence des vagues aurait projeté les bateaux contre les piles servant de support aux travées tournantes, on a fait, sur la rive gauche, un canal de dérivation, sur lequel se trouve le pont mobile qui vient en prolongement du pont fixe et constitue un ouvrage tout à fait distinct.

Le pont fixe se compose de 14 travées de 100 *m* d'ouverture, de 13 piles de 5 *m* de largeur et 2 culées de 7,50 *m* chacune, ce qui donne une longueur totale de 1 480 *m (Pl. 52, fig. 25)*.

Le pont tournant comprend 2 culées de 13,25 *m* chacune, 1 pile support de 5,50 *m* et deux passages de 16 *m;* en tout 64 *m*.

A cela il faut ajouter la jetée méridionale qui a 232 *m* de longueur, 71,50 *m* de remblai, entre le pont tournant et le pont fixe, et 689 *m* de longueur de la jetée septentrionale, et on a une longueur totale de 2 536,50 *m* entre les deux digues.

Les trois premières piles de la rive gauche ont dû être fondées à l'air comprimé, à cause de la nature du sol qui obligeait de pousser les fondation des piles 1 et 2 jusqu'à 22 *m* et celles de la pile n° 3 jusqu'à 18 *m*. Les autres piles, ainsi que les culées, ont été fondées sur pilotis et massifs de béton coulés dans des enceintes de palplanches.

Au-dessus des fondations, les piles et les culées sont construites en maçonnerie de briques avec parements, couronnements et cordons en pierre de taille; les avant-becs sont également en pierre de taille.

Les fondations sont entourées d'enrochements de basaltes, reposant sur des plates-formes en fascines.

J'extrais de la notice de l'ouvrage de M. Croizette Desnoyers quelques détails sur ces travaux de fondation dont l'exécution présente un grand intérêt à plus d'un titre, surtout pour l'emploi de l'air comprimé qui n'était pas encore entré, à cette époque, dans la pratique courante qu'il a acquise maintenant.

L'entreprise des fondations des piles n° 1, 2 et 3 a été confiée à nos compatriotes MM. Ernest Gouin et Cie qui venaient d'exécuter avec succès, par l'emploi de l'air comprimé, dans des conditions, il est vrai, moins difficiles et moins importantes, la fondation des ponts sur la Loire, à Nantes.

Je représente *(Pl. 52, fig. 26 à 29)* la construction de la pile n° 2, qui était la plus profonde. Dans la coupe *(fig. 26)*, la partie inférieure, sur 3 *m* de hauteur, correspond à la chambre de travail dont les dispositions sont indiquées d'une manière plus spéciale par la coupe *(fig. 29)*.

La mise en place du caisson des piles n° 1 et n° 2 était rendue difficile par la grande profondeur d'eau, et par la nature du fond qui ne présentait une certaine résistance qu'à la profondeur de 14 *m* sous AP, soit 15,28 *m* au-dessous de la haute mer moyenne. L'agitation fréquente des eaux et les éventualités de tempêtes rendaient dangereuse la première période des travaux. Pour éviter des accidents, on s'est donc attaché avec soin à en accélérer les opérations autant que possible. A cet effet, les chambres de travail et les cinq premiers mètres de hauteur du caisson étaient montés sur la rive et les cheminées y étaient élevées jusqu'à 7 *m* au-dessus du toit des chambres; on construisait en même temps des maçonneries de briques sur les banquettes horizontales des chambres de travail, de manière à en renforcer les parois tout en donnant du lest aux appareils.

Lorsque ces maçonneries étaient terminées, on faisait glisser chaque caisson sur un plan incliné dans un chenal qui se trouvait à sec à marée basse. Ensuite, à la marée montante, on introduisait dans ce chenal deux bateaux réunis par une solide charpente, on y amarrait fortement le caisson, on le soulevait avec les bateaux, et on facilitait cette opération en refoulant de l'air comprimé dans la chambre de travail, afin de pouvoir faire sortir plus facilement du chenal le caisson ainsi allégé. On le conduisait ensuite en place au moyen d'un remorqueur et on l'engageait dans un échafaudage préparé d'avance de manière à le maintenir exactement dans la position voulue. On commençait alors à construire des maçonneries dans le caisson de manière à le faire enfoncer graduellement,

et en même temps on élevait ses parois par zones successives, afin d'en maintenir le bord au moins à trois mètres au-dessus du niveau de l'eau ; les cheminées étaient également exhaussées peu à peu de manière à se trouver toujours à deux mètres au-dessus du bord formant batardeau.

Quand la chambre de travail reposait sur le fond de la rivière, on adaptait aux cheminées les chambres d'équilibre, et on commençait immédiatement après l'extraction des déblais, tout en continuant les maçonneries dans le caisson et l'exhaussement des tôles du batardeau. Les déblais étaient faciles à enlever, le caisson descendait de 50 *cm* à 1 *m* par jour, et la résistance du sol était tellement faible qu'on n'a jamais pu maintenir entièrement vide la chambre de travail, et qu'au lieu d'être soutenue par sa tranche inférieure comme dans les terrains solides, elle ne reposait en réalité que sur sa première banquette horizontale intérieure. Les fondations des piles 1 et 2 ont ainsi été exécutées chacune en 45 jours, à partir du moment où leurs caissons avaient été amenés dans les échafaudages.

L'entreprise totale des trois premières piles a été commencée par MM. Gouin et C^ie^, le 13 février 1868, et complètement terminée à la fin de septembre 1869.

Pour les autres piles fondées sur pilotis, on a suivi les mêmes dispositions que celles que j'ai décrites pour le pont sur la Meuse à Rotterdam.

Les travaux de levée et remblais qui supportent la voie du chemin de fer, aux abords du pont, sont construits de la même façon que tous les grands barrages exécutés dans ces derniers temps en Hollande ; les terrassements s'appuient de part et d'autre sur deux massifs de plates-formes en fascines et enrochements qui prennent d'autant plus d'importance que la hauteur du remblai est plus considérable.

Les travaux de défense des culées consistent aussi en fascinages et enrochements : ils ont pour but, d'une part, d'empêcher que le terrain devant les culées ne soit affouillé, et, d'autre part, d'éviter que les eaux ne viennent se frayer un passage derrière la culée en entrainant une partie des remblais du chemin de fer.

La digue transversale construite pour former le canal du pont tournant a 354 *m* de longueur ; elle est formée en fascinages revêtus de pierres, et porte à son couronnement un chemin pavé en basalte.

La superstructure métallique du pont fixe est conforme au sys-

tème adopté en Hollande pour les ponts à plusieurs travées de grande ouverture. Les quatorze travées sont toutes indépendantes et les poutres principales de chacune d'elles sont terminées à la partie supérieure par des semelles courbes.

Le pont n'est établi que pour une voie et ne comprend que deux grandes poutres par travée. Chacune d'elles a une longueur de 104,40 *m*; la hauteur, aux extrémités qui reposent sur les piles ou culées, est de 6,28 *m*; elle est de 12,41 *m* au milieu. Elles sont formées de deux semelles liées entre elles par des diagonales et des verticales; les semelles supérieures ont la forme polygonale, l'extrémité supérieure des verticales étant située sur la circonférence d'un cercle de 225 *m* de rayon. Les semelles inférieures sont rectilignes. Chaque semelle d'une largeur de 1,01 *m* est formée de lames horizontales assemblées par des cornières à deux parties verticales de 60 *cm* de hauteur séparées par un espace de 50 *cm*. Les parties verticales sont formées chacune de deux épaisseurs de 0,0125 *m* chacune, les lames horizontales ont une simple épaisseur de 0,0115 *m* sur les points d'appui ; elle va en augmentant jusque dans la partie centrale où il y a trois épaisseurs. De cette façon la section des semelles va en augmentant depuis 460 cm^2 aux extrémités de la poutre jusqu'à 655 cm^2 dans la partie centrale.

Les verticales en forme de double T sont constituées par une lame et quatre cornières; leur section va en diminuant jusqu'au centre de la travée où elle n'est plus que de 55 cm^2, tandis qu'aux bouts elle est de 445 cm^2.

Les diagonales ont simplement la forme de rectangles allongés, elles ne sont croisées que dans la partie centrale ; leur section est réduite à 12 cm^2 au milieu, elle est de 102 cm^2 aux extrémités.

Les deux poutres principales sont distantes de 5 *m* d'axe en axe ; elles sont entretoisées à l'aplomb de chaque verticale ; elles sont en outre contreventées en haut et en bas dans le sens horizontal ; les contreventements supérieurs sont des cornières en fer, ceux d'en bas sont des plates-bandes d'acier.

Le poids total de la superstructure de chaque travée s'élève à 500 000 *kg*.

Les grandes poutres sont supportées par un appareil d'un type spécial adopté en Hollande pour les travées métalliques importantes. Non seulement il comporte, comme à l'ordinaire, une série de galets sur lesquels la dilatation s'effectue, mais de plus, la partie roulant sur ces galets présente une section triangulaire

sur le sommet de laquelle vient s'adapter un axe horizontal autour duquel peut tourner la base de la poutre, base qui présente elle-même une section triangulaire en sens inverse de celle de la pièce qui recouvre les galets. Il en résulte que la direction du poids de la demi-travée passe toujours par le centre de gravité des supports, même lorsque la travée fléchit d'une manière notable sous le passage des trains.

En présentant cette disposition, M. Croizette Desnoyers fait les observations suivantes : S'il y a évidemment avantage à éloigner des arêtes d'une pile ou d'une culée la partie des supports où s'exerce une charge considérable, il semble exister quelque danger à faire porter sur une seule tige horizontale le poids de *tout le* quart d'une travée : ainsi, dans le cas actuel, cette tige qui est, il est vrai, en acier et a 0,12 *m* de diamètre, doit porter un poids de 125 à 200 *t*. Il pense que les Ingénieurs néerlandais ont été conduits à adopter cette disposition, parce que, pour des piles fondées sur pilotis dans des terrains qui offrent peu de résistance latéralement, il est extrêmement important que ces piles ne soient soumises à aucun effort tendant à les déverser. Il faut reconnaître, du reste, que ce système réussit parfaitement et semble largement justifié par les résultats obtenus.

Ce travail remarquable a été entièrement exécuté en moins de quatre années, de février 1868 au 28 décembre 1871.

La dépense totale pour l'exécution du pont fixe s'est élevée à 8 150 000 *f*, se décomposant en 5 055 000 *f* pour la construction des piles et des culées, et en 3 095 000 *f* pour la superstructure métallique qui ne ressort pas ainsi à 0,45 *f* par kilogramme.

Après nous avoir bien laissé donner cours à notre admiration et échanger nos idées et observations sur cette œuvre gigantesque, notre bateau a viré de bord et nous a ramenés à Dordrecht par la même voie que nous venions de suivre. Mais pour charmer les loisirs d'une route déjà parcourue, nos généreux amphitryons nous ont fait servir des rafraîchissements et des cigares, et les rives tranquilles du Dordtsche Kil ont répété les échos de vivats enthousiastes en l'honneur du royaume des Pays-Bas et de la France.

Pont tournant de Dordrecht. — Notre bateau est entré à Dordrecht dans le Spoorweghaven (Bassin du chemin de fer), où nous avons débarqué pour reprendre le train spécial qui nous attendait sur le quai, grâce à la charmante attention de M. J.-L.

Cluysenaer, l'éminent directeur général de la Société d'exploitation des Chemins de fer de l'État. Nous retournions à toute vitesse vers La Haye, mais, au sortir de Dordrecht, notre attention a encore été appelée sur le grand pont par lequel le chemin de fer traverse la vieille Meuse, comme nous l'avons vu lors de notre arrivée en Hollande *(Pl. 52, fig. 30)*.

Dordrecht est bâtie au milieu d'une sorte de carrefour de fleuves, dans une situation très favorable au commerce, car les divers bras de la Meuse qui lui servent de ceinture, la mettent en communication avec Rotterdam, le Hollandsch Diep, la Belgique, l'Allemagne, l'intérieur du pays et la mer. Aussi, pour ne pas apporter d'entrave au grand mouvement de navigation à voiles ou à vapeur qui s'y produit, on a établi dans le grand pont de sept arches deux parties mobiles, l'une et l'autre à double volée. La première, destinée aux navires de fortes dimensions, est disposée pour deux passages d'au moins 20 *m* de large et a une longueur de 53,56 *m*. A la suite viennent deux grandes travées fixes, puis une seconde partie mobile d'une longueur de 34,78 *m*, fournissant deux passages de 12 *m* de largeur pour des navires de plus faible tonnage, et enfin le pont se termine par deux autres travées fixes un peu moins grandes que les précédentes.

Je ne m'occuperai ici que du grand pont tournant qui sort des dimensions ordinaires par le rayon de 26,78 *m* de sa double volée.

La double volée a été adoptée par les Ingénieurs néerlandais chaque fois qu'ils se trouvent en présence d'un large cours d'eau; parce que, tout en obtenant en même temps un passage double et des conditions naturelles d'équilibre, ils estiment que la dépense de la seconde travée n'est pas sensiblement supérieure à celle de la culasse qui devient nécessaire pour un pont à une seule volée.

Le pont de Dordrecht a été projeté, et son exécution dirigée par l'habile Ingénieur M. Michaëlis, aujourd'hui directeur des Chemins de fer de l'État.

Il est formé de deux maîtresses-poutres de 53,56 *m* de longueur totale, et ayant une hauteur de 2,572 *m* près du pivot, et de 1,046 *m* à chaque extrémité; elles sont composées de deux semelles reliées par des croisillons : la semelle du haut est droite, celle du bas a une courbure parabolique. Le pivot a 0,403 *m* de diamètre sur toute la hauteur de sa crapaudine; au-dessus de celle-ci, il porte une plate-forme circulaire à laquelle la double travée est fixée seulement par trois forts boulons d'acier de 3,37 *m* de longueur et de 0,17 *m* de diamètre. M. Michaëlis a préféré

cette disposition à l'emploi d'un certain nombre de boulons plus petits qui peuvent être trop faibles si, comme il est à craindre, la charge ne porte que sur quelques-uns d'entre eux : avec trois, on peut être certain qu'ils porteront tous.

La double travée ne repose pas seulement sur son pivot ; elle s'appuie circulairement sur plusieurs galets dont les supports sont scellés dans la maçonnerie de la pile et très près de la circonférence extérieure de celle-ci.

Le mouvement de rotation est donné par deux mécanismes fixés sur la semelle supérieure des poutres à une distance correspondant aux extrémités d'un diamètre de la pile centrale. Chaque mécanisme se compose d'un axe horizontal à manivelles, commandant, par deux pignons d'angle, un axe vertical qui porte à son extrémité inférieure, au tiers environ de la hauteur des poutres, un pignon engrenant avec une grande roue horizontale : celle-ci met en mouvement, à son tour, un axe vertical qui produit la rotation par le jeu d'un pignon calé à son extrémité inférieure, lequel tourne dans les dents intérieures d'une grande roue fixée dans une cuvette sur tout le pourtour du dessus de la maçonnerie de la pile.

Les extrémités du pont tournant sont calées pendant la fermeture par une disposition spéciale qui permet en même temps d'arrêter ou de rendre libre la double travée sans l'emploi de verroux. Le mécanisme se compose de deux appareils qui sont symétriquement placés sur les deux culées ou piles extrêmes. Chaque appareil se manœuvre par un axe vertical commandé par une clé à bras, comme un cabestan, et transmettant par l'intermédiaire d'un autre axe vertical et de pignons d'angle le mouvement à un petit axe horizontal dont les supports sont fixés, dans la maçonnerie, sur le fond d'une excavation correspondant au-dessous des extrémités des maîtresses-poutres. Ce petit axe horizontal, qui est parallèle à la voie du chemin de fer, commande par roues d'angle un autre axe horizontal qui est perpendiculaire au premier, et sur lequel sont calés des galets excentriques ou supports de calage qui viennent porter sous le dessous des semelles inférieures des poutres. Celles-ci sont, à cet effet, terminées par un appendice qui n'a qu'une faible largeur et les rend horizontales dans cette partie. Les galets excentriques, au lieu d'être pleins, sont formés de deux joues reliées par un boulon horizontal. C'est ce boulon qui fait calage en portant sous chaque semelle, ou du moins sous chaque appendice, pendant que les

joues des galets embrassent ce dernier de chaque côté : de sorte qu'on produit ainsi du même coup, pendant la fermeture, le calage et l'arrêt de la double volée.

Les dépenses pour l'ensemble du pont de Dordrecht, dont la longueur totale est de 427 *m*, se sont élevées à 3 774 000 *f*.

Retour à La Haye. — En rentrant à La Haye, nous nous sommes réunis à nos compagnons néerlandais pour passer la soirée ensemble. Nous avons été admis à dîner, avec eux, au Cercle Littéraire dont tous les membres nous ont fait le plus sympathique accueil. A la fin de ce repas dont la composition et la qualité ont été de nature à bien confirmer ce que j'ai déjà dit sur le grand confortable de ce luxueux établissement, M. le Président Conrad nous a donné communication de la réponse qu'il venait de recevoir au télégramme adressé la veille, du Vieux Doelen, à LL. MM. la Reine Wilhelmine et la Reine Régente, et qui était ainsi conçue :

« Sa Majesté la Reine Régente me charge de vous offrir les » remerciements spéciaux de la Reine.

» L'adjudant de service, *Signé :* WEECKENS. »

Puis, pour clore agréablement cette belle et intéressante journée, nous avons profité des cartes d'invitation qui nous avaient gracieusement été remises de la part de la « Zeebord Scheveningen Maatschappij » (Société des Bains de Mer de Scheveningue), et nous nous sommes rendus par le tramway électrique au Kurhaus de cette belle station. Nous y avons entendu un brillant concert, dont la parfaite exécution fait le plus grand honneur à son habile chef d'orchestre, M. Kogel.

Rentrés fort avant dans la nuit, nous devions retrouver nos hôtes infatigables et dévoués le lendemain matin à la gare des Chemins de fer hollandais pour la visite du port d'Ymuiden et de la ville d'Amsterdam (1).

(1) Suite et fin au prochain bulletin.

DISCOURS

PRONONCÉ AUX

OBSÈQUES DE M. H. MATHIEU

Le 20 décembre 1891

PAR

M. E. POLONCEAU

PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

MESSIEURS,

Celui que nous venons d'accompagner à sa dernière demeure était un homme de bien, un cœur généreux et loyal, un vrai chrétien; certes, j'ai la conviction profonde qu'il repose en paix et qu'il a aujourd'hui la récompense complète d'une vie d'honneur et de travail.

Mathieu (Martin-Henri) était né à Auxonne (Côte-d'Or), le 19 octobre 1820; il avait cette énergie des Bourguignons, leur persévérance dans les choses projetées, mais le tout complété par les formes les plus aimables, les plus serviables d'un parfait homme du monde, et je me rappellerai toujours avec une profonde reconnaissance, la manière si simple et si cordiale avec laquelle il m'accueillit, en 1858, à Bordeaux, au début de ma carrière.

Mathieu fit des études brillantes au lycée de Versailles, entra à l'École centrale et en sortit le huitième en 1841 comme ingénieur-mécanicien; il débuta de suite dans les ateliers de Mazeline, au Havre, passa en 1842 dans les ateliers de Petiet et C^ie^, à Paris. Chez ces deux constructeurs il s'occupa de machines de bateaux, mais ce n'était pas là sa voie et, en 1844, sous les ordres de Petiet, il entrait au chemin de fer rive gauche, où il puisa les premières notions pratiques sur le matériel roulant, qu'il alla appliquer en 1846 à la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée, où, sous les ordres de Sauvage, il collabora dans de très grandes proportions aux études du matériel roulant et des installations des ateliers de cette Compagnie qui venait de se fonder.

En 1849, nous le trouvons à la Compagnie de l'Ouest, sous les ordres de Flachat, comme chef des études; par ces fonctions mêmes il élabora le grand pont métallique d'Asnières, le viaduc de Viroflay, la toiture métallique de 40 *m* de partie de la gare de Paris, travail qui, pour cette époque, était d'une hardiesse inouïe; enfin, la construction du chemin de fer de Paris-Auteuil.

En 1852, Mathieu entrait à la Compagnie du Midi comme chef des

bureaux de la construction sous les ordres du Comité de direction, fonctions où il fut chargé de la création du matériel roulant de cette Compagnie et des installations des ateliers ; il resta cinq ans à Bordeaux, de 1854 à 1859, et revint à Paris comme Ingénieur du service central ; puis, en 1874, il fut nommé Ingénieur en chef, fonction qu'il conserva jusqu'au moment de sa retraite.

Mathieu a donc été d'abord et avant tout un créateur de matériel roulant ; il le connaissait dans tous ses détails, avait une grande justesse de jugement, ne parlait qu'avec une extrême réserve, sachant par expérience combien il faut être prudent en fait de choses nouvelles, et n'émettait un avis qu'après une étude approfondie et complète, lui donnant la certitude de la justesse de son opinion.

Ce sont ces qualités qui le firent choisir comme collaborateur par Le Châtellier, Plachat, Petiet et Polonceau au *Guide du mécanicien conducteur de locomotives*, et ces quatre savants Ingénieurs n'eurent qu'à se louer de ce brillant collaborateur.

Mathieu savait exprimer et écrire clairement ce qu'il voyait et pensait ; il sentait le besoin de répandre les documents qu'il avait recueillis, de populariser, si je puis m'exprimer ainsi, les travaux et les connaissances des Ingénieurs ; aussi, entré à la Société des Ingénieurs civils en 1849, était-il élu successivement secrétaire en 1852-1853-1854 ; membre du Comité en 1860-1863-1864-1877-1878 ; vice-président en 1879 et 1880, et président en 1881. C'est sous sa présidence que l'on créa les membres correspondants dont son prédécesseur Gottschalk avait montré l'utilité ; ce fut également sous la présidence de Mathieu qu'on organisa en 1881 les visites et conférences à l'Exposition d'électricité.

Ses communications à la Société des Ingénieurs civils sont nombreuses en leurs sujets variés, car c'était un esprit très complet ; je signalerai très brièvement les divers titres :

1849. *Sur la puissance de vaporisation des locomotives et sur la puissance de traction.*

1852. *Sur la reconstruction du pont de Clichy* (en collaboration avec Lavalley).

1862. *Sur la traversée des Alpes* (en collaboration avec Deligny).

1862. *Sur l'acier Bessemer.*

1867. *Sur l'acier Martin.*

1876. *Sur le Block-Système et sur les voies de triage.*

Mais en dehors de ces publications régulières, il remettait souvent à ses amis et collègues des notes autographiées, résultats d'une étude spéciale qui lui paraissait intéressante, ou recueil de notes de voyages, ne pensant qu'à rendre utile à la science et à l'industrie ce qu'il savait ou ce qu'il avait vu.

Il constatait fréquemment combien on ignorait de ces choses qui se font autour de soi et c'est évidemment cette idée qui le porta à créer cette *Revue générale des chemins de fer*, publications de la plus grande valeur dont il fut le président de 1878 jusqu'en 1891 : c'est évidemment à son grand talent, à ses rares connaissances et à la manière intelli-

gente dont il sut composer les premiers numéros de cette Revue, que l'on doit son grand succès, et les articles qu'il y publia sont de ceux auxquels on a certes le plus souvent recours, car on sait que l'on peut avoir pleine confiance dans ce qu'il avance.

Par sa position, par ses travaux, Mathieu était tout indiqué pour figurer dans le personnel officiel des expositions : aussi, en 1867, fut-il membre du comité d'admission et du jury des récompenses ; en 1878 et 1889, président de la commission chargée de l'étude du matériel fixe; en 1878, membre du comité consultatif des machines et membre du jury des récompenses.

Il avait été nommé chevalier de la Légion d'honneur en 1863 et officier en 1879. Il n'y eut pas de croix mieux méritée.

La sympathie que tout le personnel supérieur des chemins de fer avait pour Mathieu le fit succéder à Chaper en 1878 comme secrétaire de la Conférence des chemins de fer, fonction qu'il conserva jusqu'au 1er janvier 1888; mais ses collègues de la Conférence, en reconnaissance de son zèle, de son dévouement, du tact parfait avec lequel il menait les affaires de cette réunion, le nommèrent membre honoraire du comité tout en restant membre titulaire de la Conférence.

Cet Ingénieur si sympathique, si travailleur, si parfait galant homme, qui, sans aucun privilège et par son travail, son mérite, son honorabilité et son caractère, était arrivé à cette très haute situation, n'avait que des amis. Je viens ici comme président de la Société des Ingénieurs civils, exprimer la part que nous prenons tous à cette perte cruelle, à ce grand malheur, et certes l'ami, le collègue est profondément navré en pensant qu'il ne verra plus cette franche figure et ne serrera plus cette main loyale. Mais à plaindre sont surtout ses amis, ses petits-enfants, sa digne et fidèle compagne qui, pendant de si bonnes et longues années, l'a entouré d'une affection si vive, et qui depuis ces dernières années, tout en ayant son cœur brisé d'angoisses, l'entourait de soins si délicats, si discrets, dissimulant ses inquiétudes pour lui permettre quelques illusions et lui faire passer dans le calme ses dernières années.

Mathieu ne se faisait pas d'illusions, mais ne voulait inquiéter personne; en tout lieu, en toute action, en toute occupation extérieure, il s'était efforcé de demeurer libre au dedans et maître de lui-même ; aussi est-il resté le maître et le directeur et non le serviteur et l'esclave de ses actions.

Adieu, *Mathieu*, reçois l'expression de tous les regrets de tes nombreux amis et spécialement de tes collègues de la Société des Ingénieurs civils; après une vie comme la tienne d'honneur et de travail, tu peux reposer en paix; ton nom sera toujours profondément respecté, car on ne vit après la mort que par ses œuvres et le bien qu'on a fait.

Adieu !

CHRONIQUE

N° 144

Sommaire : Presse hydraulique à forger. — Laboratoire de mécanique. — Tirage par jet de vapeur. — La voie du chemin de fer du Gothard. — Navires en dos de baleine. — Le chemin de fer de Strasbourg à Bâle.

Presse hydraulique à forger. — M. W. D. Allen a lu, à la dernière session de l'*Iron and Steel Institute*, un mémoire sur une nouvelle presse à forger qui présente des dispositions intéressantes.

Cet appareil, qui emploie la pression hydraulique comme toutes les presses existantes, comporte deux parties essentielles : la presse proprement dite et la pompe. La presse se compose d'une enclume, de deux fortes colonnes creuses et d'un cylindre posé sur ces colonnes. Le cylindre contient un plongeur qui sort par le bas et qui est prolongé en haut par une tige qui traverse le plateau supérieur du cylindre et va se rattacher à un piston placé dans un cylindre à vapeur. L'eau agit sur la partie annulaire formée par la tige en prolongement du plongeur. Un tuyau met cette partie annulaire en communication avec la pompe.

Celle-ci se compose d'un corps de pompe contenant deux plongeurs, l'un à chaque extrémité. Ces plongeurs se rapprochent et s'écartent alternativement sous l'action d'un arbre à trois coudes dont celui du centre actionne un des plongeurs et les deux autres, calés à l'opposé du premier, l'autre plongeur ; l'arbre est mû par un moteur quelconque. Il n'y a aucun clapet interposé entre la pompe et le plongeur de la presse, de sorte que la communication est directe entre ces deux organes. Le mouvement alternatif dont est animé le double piston de la pompe communique un mouvement alternatif au plongeur de la presse, mouvement que vient aider dans la période ascendante la pression de la vapeur sur le piston auxiliaire dont il vient d'être question, piston qui joue le rôle de contrepoids. On conçoit que, s'il ne se produit pas de perte d'eau, la course du plongeur restera constante et il exécutera une série d'oscillations en s'approchant toujours de la même quantité de l'enclume. On ne pourrait ainsi obtenir qu'un travail très incomplet. L'appareil a donc besoin d'une disposition additionnelle qui n'est autre que la mise en communication facultative du tuyau reliant la pompe et la presse avec un réservoir ou accumulateur contenant de l'eau sous une pression de 15 à 20 *kg* par centimètre carré, pression suffisante pour surmonter celle de la vapeur sous le piston d'équilibre et refouler cette vapeur dans la chaudière en forçant le plongeur de la presse à s'abaisser autant qu'il est nécessaire.

Cette mise en communication facultative s'opère au moyen d'un distributeur formé d'une boîte cylindrique dans laquelle se déplace un diston creux portant des orifices qui peuvent être mis en rapport avec des orifices percés dans les parois de la boîte. Des cuirs emboutis forment

joints étanches, et le distributeur se trouvant absolument équilibré peut être déplacé à la main avec la plus grande facilité.

Comme mesure de sécurité contre un excès de pression, on a disposé un appareil composé d'un petit cylindre à vapeur avec son piston dont la tige plonge dans un cylindre hydraulique. La vapeur presse sur ce piston par la face opposée à la tige; si, cet appareil étant en communication avec le piston, la pression de l'eau devient excessive, le piston cède et refoule la vapeur dans la chaudière; c'est une sorte de soupape de sûreté.

Il est facile de se rendre compte de la puissance de la presse. Si le piston à vapeur a 1,50 *m* de diamètre et que la pression de la vapeur soit de 4 *kg* seulement par centimètre carré, la pression totale est de 7 064 *kg* sur ce piston. Toute pression supérieure à ce chiffre fera refouler la vapeur dans la chaudière en remontant le piston. Le piston plongeur de la presse a une course normale de 70 *mm* et un diamètre de 0,75 *m*, de sorte qu'à une pression de 475 *kg* par centimètre carré, il exercera un effort de 1 700 *t*.

Cette presse a été construite par MM. Galloway et fils, de Manchester; elle est entièrement en acier à l'exception du cylindre à vapeur. Les résultats en ont été très satisfaisants, paraît-il. Cet appareil présente une certaine analogie avec le marteau-pilon hydraulique de Guillemin et Minary, dans lequel la communication entre la pompe et la presse était directe également, mais avec emploi d'air comprimé au lieu de vapeur; il y a de plus dans la presse qui vient d'être décrite l'addition du réservoir d'eau auxiliaire, déjà employé, il est vrai, mais sous une forme différente, il y a une trentaine d'années, par notre collègue M. Benoit-Duportail. On trouvera des renseignements intéressants sur les divers systèmes de presses hydrauliques appliquées au forgeage des métaux, dans le travail si remarquable de nos collègues, MM. Casalonga, intitulé « Étude comparative des marteaux-pilons et presses hydrauliques pour le travail des grosses pièces de forges. »

Laboratoire de mécanique. — Nous avons indiqué dans nos chroniques d'octobre 1881 et janvier 1882 la proposition faite par notre collègue, M. de Borodine, de l'installation d'un atelier d'essais pour les locomotives, installation qu'il a seulement partiellement réalisée dans les célèbres expériences rapportées dans le mémoire qui lui a valu le prix Nozo de notre Société (voir *Bulletin* de septembre 1886). Une installation analogue a été faite dans cet ordre d'idées à l'Université de Purdue, à La Fayette, Indiana, États-Unis.

Une locomotive du type des Schenectady Locomotive Works, à cylindres de 0,432 *m* de diamètre et 0,610 *m* de course, et 4 roues accouplées de 1,600 *m*, pesant 38 500 *kg*, est posée par ses roues motrices sur de forts galets dont les axes reposent sur des paliers. La barre d'attelage de la machine est reliée à un dynamomètre qui retient la locomotive lorsqu'on fait tourner les roues, et mesure l'effort de traction qui se produit.

Il est facile de comprendre que, si les galets de support tournaient sans frottement, il n'y aurait de la part de la machine aucune tendance de se déplacer horizontalement dans un sens ou dans l'autre, puisqu'elle

n'aurait aucun travail à vaincre. Si, au contraire, les galets éprouvent une résistance à leur mouvement de rotation, la machine tendra à se déplacer avec une force proportionnelle à cette résistance. On a donc installé des freins du système Alden sur les axes des galets et on peut avec ces freins régler la résistance et, par suite, l'effort de traction exercé par la machine dans toutes les proportions qu'on désire, de même que celle-ci peut fonctionner dans toutes les phases de vitesse qu'il peut être désirable de lui donner. On peut, dans ces conditions, étudier avec une grande facilité tous les problèmes relatifs à la locomotive considérée comme machine à vapeur, comme si elle fonctionnait sur une voie de chemin de fer, sans avoir à être gêné par les conditions inhérentes aux exigences de l'exploitation.

Cet atelier spécial ne constitue qu'une partie du laboratoire mécanique de l'Université de Purdue. Ce laboratoire, remarquablement outillé, comprend en outre une machine Harris-Corliss, à triple expansion et condensation, à cylindres de 0,223 *m* — 0,383 *m* et 0,560 *m* de diamètre et 0,610 *m* de course, une chaudière Balcok et Wilcox de 100 chevaux, une machine à gaz Otto de 12 chevaux, tous ces engins étant munis de tous les appareils nécessaires pour les essais. On trouve également des réservoirs de plusieurs dimensions, deux pompes centrifuges Morris, une pompe à vapeur Dean, plusieurs injecteurs, une turbine Leffel de 13 pouces, une machine à essayer d'Olsen de 45 *t*, une machine du même système de 900 *kg* pour les essais de ciments, un dynamomètre de transmission de 10 chevaux, un frein dynamométrique Alden pour 50 chevaux, et quantité de petits appareils divers.

On voit combien les Américains se préoccupent de pourvoir les établissements d'instruction technique de tout ce qui peut être utile au progrès de l'enseignement.

Tirage par jet de vapeur. — Le bureau des machines à vapeur de la marine des États-Unis a fait une série d'expériences sur l'emploi du jet de vapeur pour activer le tirage des chaudières, en vue principalement des canots à vapeur où ce mode de tirage est très employé et généralement avec des résultats très peu économiques.

On a opéré avec cinq formes différentes de souffleurs. Les essais ont été faits à l'arsenal de New-York; on a opéré avec deux chaudières; l'une de forme carrée avec tubes inclinés, ayant 0,30 m^2 de grille, laquelle produisait la vapeur avec laquelle s'effectuait le tirage de la seconde chaudière, une chaudière de canot du type 6×6. La pression dans chaque chaudière était maintenue à 5,7 *kg* par centimètre carré.

Chaque type de souffleur était essayé pendant quatre heures. Ces souffleurs étaient, comme on vient de le dire, au nombre de cinq.

Le premier avait la forme d'une plaque portant une fente circulaire de 1/64 de pouce, soit 0,4 *mm* sur une circonférence de 80 *mm* de développement. Le second, au lieu d'une fente, présentait 32 trous de 3/4 de millimètre de diamètre, disposés suivant une circonférence de 28 *mm* de diamètre. Les trois autres étaient des ajutages biconiques des diamètres respectifs de 1 1/2, — 3 et 4 1/2 *mm*.

Voici les résultats obtenus dans les essais:

	1	2	3	4	5
	kg	*kg*	*kg*	*kg*	*kg*
Charbon brûlé en 4 heures.	141	204	82,5	156	160
Proportion de cendres	0,246	0,233	0,25	0,24	0,238
Charbon brûlé par heure et mètre carré de grille.	118	170	69	130	133
Eau vaporisée par heure.	210	263	163	239	247
Eau vaporisée par kilogramme de charbon.	5,95	5,15	7,9	6,13	6,17
Vapeur dépensée pour le tirage.	44,5	54,4	13,5	28,7	34,6
Proportion de cette vapeur.	0,212	0,207	0,083	0,12	0,14

On voit par ce tableau que les jets uniques semblent être plus avantageux, bien que ce soit avec le jet le plus divisé, le n° 2, qu'on a réalisé la vaporisation absolue la plus élevée. Le souffleur le plus économique absorbe encore le treizième de la puissance représentée par la chaudière ; le système du tirage par jet ne doit donc être employé que lorsqu'on ne peut pas faire autrement. On fait remarquer que, dans les expériences dont il s'agit, il y a une cause d'erreur dans le trop faible diamètre du tuyau qui amenait la vapeur à la cheminée ; ce tuyau n'avait qu'un diamètre intérieur de 9 *mm;* c'est beaucoup trop faible. Dans le cas de l'expérience n° 2, le souffleur dépensant 54,4 *kg* de vapeur à l'heure, la vitesse de circulation de la vapeur dans le tuyau atteignait 100 *m* par seconde. Il en résulte une résistance considérable qui devait réduire l'effet utile du jet, surtout dans les expériences 1, 2 et 3, où la dépense de vapeur était la plus importante.

La Voie du Chemin de fer du Gothard. — La nécessité d'augmenter la vitesse des trains et l'emploi de machines plus lourdes ont obligé la Compagnie du Gothard à renforcer sa voie. Elle emploie actuellement des rails d'acier de 145 *mm* de hauteur, 130 de largeur au patin et 70 au champignon, pesant 46 *kg* le mètre courant, type IV. Dans les grands tunnels, on emploie un type encore plus fort, le type IV *a*, qui a 2 *mm* de hauteur de plus, soit 147, pour parer à l'usure plus rapide du champignon ; le poids est ainsi porté à 48 *kg* le mètre courant.

Les traverses métalliques ont 2,50 *m* de longueur au lieu de 2,40. L'épaisseur de la partie supérieure a été renforcée, le poids est ainsi de 66 *kg* par traverse. On les a également rapprochées ; on met actuellement 16 traverses par rail de 12 *m* au lieu de 15.

Le renforcement de l'éclissage et le rapprochement des traverses doivent assurer à la voie l'augmentation de résistance et de rigidité qui devient indispensable pour la sécurité avec l'augmentation énorme du trafic et les exigences de plus en plus grandes de la circulation.

Voici les éléments des divers types de rails employés au Gothard et sur plusieurs autres grands réseaux européens.

	HAUTEUR TOTALE	LARGEUR DU PATIN	LARGEUR DU CRAMPIGNON	ÉPAISSEUR DE LA TIGE	POIDS PAR MÈTRE COURANT	MOMENT D'INERTIE	MOMENT DE RÉSISTANCE
Gothard II 1882	130	110	60	13	36.6	1038	158
» II a 1887	130	110	60	13	37.0	1110	162
» III 1888	142	110	62	13	44	1450	202
» IV 1891	145	130	70	13	46	1640	222
» IV a 1891	147	130	70	13	48	1782	240
État Prussien 1882	134	105	58	11	33.4	1037	154
» 1890.	138	110	72	14	41	1352	193
P.-L.-M. 1890.	142	130	63	14	47	1585	223
Goliath nouveau.	151.5	125	74.5	15.4	50	1870	237

Navires en dos de baleine. — On a fait un certain bruit depuis quelque temps au sujet d'une nouvelle forme de navires, dite en dos de baleine ; ce système a été essayé sur les grands lacs américains, et on ne parle de rien moins que de construire un navire de cette forme pour lutter avec les meilleurs transatlantiques tels que le *City of Paris*, le *Majestic* et le *Teutonic*.

Le principe de cette nouvelle forme consiste en une coque à fond plat terminée par des formes très fines à section à peu près circulaire aux deux extrémités, affectant en général la forme d'un cigare aplati au milieu. Le dessus forme le pont dont la largeur est à peu près la moitié de celle de la coque. Sur ce pont sont établis les aménagements disposés comme ceux des bateaux à vapeur des fleuves d'Amérique,

Il n'y a dans la coque que deux cloisons étanches, l'une près de l'avant, l'autre près de l'arrière. Cette disposition est très simple pour un navire de transport, mais elle doit être modifiée pour un paquebot à passagers.

Dans le projet élaboré pour ce but, sur la coque proprement dite, s'élèvent 50 piliers de un pied de diamètre, qui supportent une plate-forme en tôle d'acier sur laquelle est édifiée une construction destinée à recevoir les aménagements des passagers. Cette construction est à une hauteur telle que les vagues les plus fortes n'y atteignent pas, et le dessous reste entièrement dégagé pour n'offrir à l'action de la mer que des pièces de faible section. On peut avoir une idée de l'aspect de cet édifice lorsqu'on pense que les plus grands transatlantiques ont les ponts supérieurs de 9 à 10 *m* au-dessus de la flottaison et que ces ponts sont fréquemment balayés par les lames. Les machines et chaudières seront dans la coque inférieure ; on sera amené nécessairement à mettre deux hélices, peut-être trois.

La question la plus importante dans cette affaire est celle de sécurité. Or, les promoteurs du système affirment que cette forme a tous les avantages à ce point de vue. Les couples ont une forme cintrée favorable à la résistance, et les surfaces courbes ont moins à craindre le choc des vagues, qui glissent sur elles, que les grandes parois planes des navires actuels.

Il y a lieu d'être très réservé à ce sujet et d'attendre que l'expérience ait prononcé, surtout si, comme on le dit, cette expérience doit se faire prochainement. On voit périodiquement se produire l'annonce de nouvelles formes de navires qui doivent révolutionner la navigation transatlantique. Nous avons eu, il y a vingt-cinq ou trente ans, les fameux bateaux-cigares de Wynans, qui n'étaient pas sans avoir quelque analogie avec ceux dont nous venons de parler ; plus tard, le monde maritime a eu à s'occuper des projets du capitaine Lundborg (voir Chronique de mai et juin 1882) et plus récemment encore du *Pocahontas* (Chroniques de mai et décembre 1887) ; ni l'un ni l'autre de ces derniers n'ont passé à la période d'exécution.

Le chemin de fer de Strasbourg à Bâle. — M. Bazaine, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, a bien voulu offrir à notre Société une notice sur le chemin de fer de Strasbourg à Bâle, qu'il a publiée dans un Bulletin spécial (décembre 1891) de la Société Industrielle de Mulhouse. Cette notice, qui contient des documents historiques du plus haut intérêt, fait suite au Bulletin spécial de 1889 sur le chemin de fer de Mulhouse à Thann contenant des notes et documents historiques présentés par notre collègue, M. W. Grosseteste.

Le mémoire de M. Bazaine a été composé sur la demande de la Société de Mulhouse à l'occasion du cinquantenaire de l'ouverture du chemin de fer de Strasbourg à Bâle, inauguré les 19 et 20 septembre 1841.

Le chemin de fer de Strasbourg à Bâle fut concédé à MM. Nicolas Kœchlin et frères, à leurs frais, risques et périls par la loi du 6 mars 1838. La ligne fut exécutée par MM. Bazaine et Chaperon, Ingénieurs des ponts et chaussées, et inaugurée en toute sa longueur en septembre 1841. On peut dire sans exagération que c'était la première grande ligne établie en France, car elle comptait 134 *km* et au moment de son achèvement, s'il existait déjà 436 *km* de chemins de fer exploités en France, ces 436 *km* étaient divisés entre quinze lignes dont la plus longue, celle d'Alais à Beaucaire avec l'embranchement de Nimes, ouverte le 19 août 1840, n'avait que 72 *km*. Les lignes de Paris à Orléans (121 *km*) et de Paris à Rouen (136 *km*) ne furent inaugurées qu'en mai 1843.

La ligne dont nous nous occupons contenait 236 ouvrages d'art de toutes sortes, dont 21 principaux, parmi lesquels les plus importants sont le viaduc sur rails pour la traversée de la route départementale n° 2 à Mulhouse et le pont tournant sur le canal du Rhône au Rhin, ainsi qu'un viaduc de 23 travées à Mulhouse pour l'écoulement des eaux d'inondation.

Les déclivités ne dépassaient que très exceptionnellement 3 millièmes et il n'y a que sept courbes de rayon au-dessous de 1 000 *m*. La plus

faible, située à l'abord du pont tournant de Mulhouse, est de 360 *m* et sur un point où les trains ne devaient passer qu'avec ralentissement.

La partie la plus difficile de l'établissement de la ligne a été l'acquisition des terrains, qui a amené des dépenses très élevées. Les prévisions de ce chef ont été dépassées de plus de 2 millions par suite des exigences énormes des propriétaires, dont la plupart étaient hostiles à la construction du chemin de fer. Cette hostilité se traduisit par une attitude très partiale de plusieurs jurys d'expropriation. On trouve des détails fort curieux à ce sujet dans la note de M. Bazaine.

Le capital employé à la construction des 139 *km* (prolongement compris jusqu'à Bâle) était de 45 millions de francs, dont 29,4 millions d'actions, 12,6 prêtés par l'État et 3 millions empruntés en 1843. Le produit brut kilométrique moyen de 1841 à 1853 a été de 16 800 *f*, et la dépense kilométrique moyenne de 10 600 : reste 6 200 *f* représentant un peu moins de 2 0/0 du coût kilométrique 324 000 *f*. Après la fusion avec la Compagnie de l'Est, la ligne de Strasbourg à Bâle donnait en 1862 un produit brut kilométrique de 36 000 *f*.

Nous n'irons pas plus loin dans l'examen du très remarquable travail de M. Bazaine ; nous nous bornerons à signaler un fait ancien et très probablement fort peu connu.

Quand MM. Nicolas Kœchlin et Cie demandèrent en 1837 la concession du chemin de fer de Strasbourg à Bâle, ils eurent comme concurrents MM. Émile Kœchlin et Fourneyron, qui avaient conçu un projet différent et qui étaient assistés de John Cockerill, de Seraing, lequel offrait d'exécuter ce projet à ses frais, risques et périls. Ce projet était basé sur les conditions suivantes :

Pratiquer entre Bâle et Huningue une prise d'eau dans le Rhin, analogue à celle qui a été faite dans le même fleuve pour le service du canal du Rhône au Rhin ; amener les eaux ainsi dérivées et avec la plus petite pente possible jusqu'à Mulhausen ; là créer une chute à peu près égale à la différence de niveau entre les deux localités et mettre à la disposition de l'industrie la force motrice résultant de la chute des eaux de cette hauteur ; recueillir les mêmes eaux au pied de la chute et les conduire toujours avec la moindre pente possible par Ensisheim, le monticule entre Hatstalt et Herrlisheim, Colmar entre cette ville et Logelbach, Ostheim, entre Guemar et Bergheim, entre Châtenois et Schelestadt, de là en ligne droite sur Blasheim, point avant lequel une courbe de plus de 25 000 *m* de rayon commence, passer un peu à gauche de Geispolsheim, traverser le canal du Rhône au Rhin à 1 *km* en amont de la dernière écluse, toucher à l'Hippodrome de Strasbourg et aboutir au petit Rhin, vis-à-vis le monument élevé à Desaix.

Trente chutes seraient pratiquées entre Mulhausen et Strasbourg et leur distribution serait telle que l'agriculture aussi bien que l'industrie pourront, sur tout le parcours de la ligne, jouir des bienfaits des eaux du Rhin. Sur la rive gauche de ce canal usinier et d'irrigation, un chemin de fer à deux voies servirait à établir une communication rapide entre Bâle, Mulhausen, Colmar, Schelestadt et Strasbourg.

Au moyen de l'ensemble des combinaisons admises par MM. Four-

neyron et Émile Kœchlin, la locomotion aurait lieu par la force même de l'eau sans vapeur et sans consommation de combustible.

Le service hydraulique devait se faire jour et nuit et les *départs avoir lieu de cinq en cinq minutes pour le jour et de dix en dix minutes pour la nuit.*

Le trajet devait durer de Bâle à Strasbourg quatre heures trois quarts à cinq heures un quart, soit une vitesse moyenne de 28 à 25 *km.* Mais si on employait la vapeur et une locomotion nouvelle de M. Fourneyron, le même trajet, grâce au tracé adopté ne contenant que des courbes de très grand rayon (supérieur à 1 500 *m*) et des inclinaisons de 2 millièmes au plus, serait exécuté en *une heure un quart* pour les trains partant de Bâle à Strasbourg sans s'arrêter et en *une heure* de Mulhausen à Strasbourg, soit une vitesse moyenne de 110 *km* à l'heure.

Ce projet fut d'ailleurs écarté par la Commission d'enquête et retiré ensuite par ses auteurs.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

NOVEMBRE 1891

Discours prononcé par M. le général SEBERT aux obsèques de M. LECŒUVRE.

Discours prononcé par M. DE COMBEROUSSE aux obsèques de M. LECŒUVRE.

Sur la **production du sulfate de quinine**, par M. JUNGFLEISCH.

La valeur du sulfate de quinine s'est abaissée dans des proportions énormes depuis une dizaine d'années. En 1880, le kilogramme de cette substance coûtait de 443 à 454 *f* et en 1889 le prix en était tombé à 40 *f*; il s'est encore abaissé depuis.

Ce fait est d'autant plus remarquable que la consommation de ce produit va toujours en augmentant et il trouve une explication dans l'abaissement continu du prix de la matière première, l'écorce de quinquina.

La culture du quinquina donne aujourd'hui des écorces abondantes et beaucoup plus riches en alcaloïdes que les écorces naturelles de l'Amérique du Sud. Cette culture se fait principalement à Ceylan et on peut juger de son développement extraordinaire par la comparaison des poids exportés à deux dates différentes, 7 690 *kg* en 1875-76 et 5 345 000 *kg* en 1888-89.

L'Inde continentale et les possessions hollandaises fournissent également des chiffres considérables et on peut évaluer à 8 millions de kilogrammes le poids d'écorces de quinquina fourni à l'Europe par les colonies asiatiques. De plus l'Amérique du Sud s'est mise aussi à cultiver le précieux végétal et ces cultures arriveront probablement bientôt à rivaliser avec celles de l'Asie.

Les méthodes d'extraction n'ont pas varié depuis 1878, mais la qualité du produit s'est en général améliorée par des purifications poussées plus loin.

La très petite proportion de sulfate de quinine qu'on extrait d'un poids donné d'écorce, ou inversement l'énorme poids d'écorces qu'il faut transporter d'Asie en Europe pour obtenir une faible quantité de sulfate de quinine rendait naturelle l'idée d'extraire ce dernier sur les lieux de récolte du quinquina. Cette idée a été réalisée et il existe actuellement des fabriques importantes de sulfate de quinine dans les Indes anglaises et dans l'Amérique du Sud.

État présent de **la question des accidents du travail en France**, par M. Cheysson, inspecteur général des Ponts et Chaussées.

C'est un rapport fait au Congrès des accidents du travail, tenu à Berne en septembre 1891.

Du rôle du brevet d'invention dans les progrès de l'industrie, par M. J. Armengaud, jeune. Conférence faite le 25 mai 1891 au Conservatoire des Arts et Métiers, à l'occasion du centenaire de la loi de 1791.

Notre collègue M. J. Armengaud, au début de cette conférence qui fourmille de faits intéressants, dit très justement que les brevets sont des jalons plantés sur le chemin du progrès et qui en marquent les étapes ; ils sont de taille et d'importance variables, mais la plupart, sinon tous, ont servi de guide aux chercheurs et les ont dirigés vers le but à atteindre.

En 1791, la première année, il n'y eut que 34 brevets de pris et 29 en 1792, 4 en 1793. Le nombre varie de 5 à 10 jusqu'en 1798. Il n'était encore que de 96 en 1812 et tomba à 53 en 1814. En 1831, on ne compte encore que 220 brevets et 1 439 en 1843. La loi réformatrice de 1844 a considérablement développé la prise des brevets dont le nombre monte en moyenne à 2 000 par an jusqu'en 1848. En 1858, on trouve 4 000 brevets environ, chiffre à peu près stationnaire jusqu'en 1870. On en constate 6 348 en 1878, puis le nombre s'élève graduellement pour arriver à 7 810 en 1889 et 7 634 en 1890.

Dans les autres pays le développement a été analogue, mais plus rapide encore. Le nombre des patentes délivrées aux États-Unis depuis la loi de 1836 dépasse 450 000. En Angleterre, la loi de 1884 a produit une impulsion énorme, le total a sauté brusquement d'une année à l'autre de 6 000 à 17 000 pour les demandes. En 1890, on trouve 22 000 demandes de patentes.

L'auteur passe en revue diverses branches de l'industrie et examine le développement des brevets pris pour ces branches. Des tableaux graphiques complètent cet examen très intéressant.

Résultats d'expériences sur le ciment de Portland. — La Société allemande des ciments de Portland impose à ses membres certaines obligations que doivent remplir les produits. Pour pouvoir contrôler les ciments d'après ces conditions, la Société a fait faire des expériences sur un certain nombre de ciments de commerce et en a donné les résultats dans un tableau qui est reproduit dans cette note. Ce tableau comprend les densités, la perte par dessiccation au rouge. la proportion de magnésie, la résistance à la compression et à la traction le résidu au passage du tamis, etc.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Septembre 1891

Du flottage à bûches perdues dans la région du Morvan, par M. Mazoyer, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

La région du Morvan, dont les pentes sont tournées vers Paris et qui appartient au bassin de l'Yonne, présente un développement de 492 *km* de ruisseaux flottables servant encore actuellement à transporter à une moyenne de 85 *km* 63 250 *t* de bois, depuis les points les plus élevés de ces ruisseaux jusque sur les ports du Canal du Nivernais. La valeur de ce produit s'élève annuellement à 1 265 000 *f*. C'est donc une industrie encore importante, et qui subsistera probablement longtemps, parce qu'elle n'a guère à redouter de concurrence.

La note passe en revue le flottage sur les ruisseaux affluents de la Haute Yonne, le flottage sur la rivière d'Yonne au grand flot, le flottage sur les petites rivières et le flottage sur la Cure, en donnant pour chacune de ces parties des renseignements très détaillés sur l'organisation du flottage, la statistique, les prix de revient, etc.

L'**Irrigation dans les Indes**, par M. Barois, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

L'Inde anglaise est certainement le pays où les travaux d'irrigation artificielle sont les plus nombreux et les plus grandioses; certains remontent à une époque très ancienne. Il est douteux qu'une étude complète de ces travaux existe jusqu'à présent.

La note a simplement pour but de donner une idée générale de ce qu'est l'irrigation dans les Indes et de signaler les principaux ouvrages de ce genre exécutés dans ce pays. Elle a été rédigée au moyen de renseignements extraits de diverses publications anglaises.

L'auteur, après un chapitre consacré à des considérations générales sur l'irrigation dans les Indes, passe en revue successivement les ouvrages divers, tels que barrages, réservoirs, canaux, distribution des eaux, dépenses et revenus.

On compte parmi les barrages des ouvrages très importants parmi lesquels celui de Cuttack, à la tête du delta du Mahanaddy, qui a 1 935 *m* de longueur; il se compose de trois murs parallèles espacés de 9 *m* et noyés dans un lit d'enrochements; il y a au milieu un pertuis de 150 *m* divisé en 10 ouvertures fermées par des hausses Chanoine. Ce barrage a coûté 3 millions de francs et les dépenses de réparations annuelles s'élèvent à 25 000 *f*, soit près de 1 0/0 des frais de construction.

Les réservoirs sont innombrables. Dans la seule province de Madras, on en compte de 50 à 60 000, dont les digues ont ensemble près de 50 000 *km* de longueur et qui possèdent en tout 300 000 ouvrages en maçonnerie. Les dimensions en sont très variables, Il y en a qui dépas-

sent 400 *ha* de superficie; le réservoir d'Ekruk atteint 1 630 *ha* et sa capacité est de 94 millions de mètres cubes.

Les ouvrages d'irrigation exécutés dans les Indes depuis la domination anglaise ont été faits par l'État, en presque totalité. Une faible partie a été faite par des Compagnies ou des syndicats. Le revenu provient dans le premier cas de l'augmentation de l'impôt foncier résultant de la plus-value des terres. Dans d'autres cas, l'agriculteur paie une redevance proportionnelle à la quantité d'eau qu'il reçoit; mais c'est un assez faible revenu, d'autant plus qu'il faut un délai assez long avant que le bénéfice de l'irrigation se soit fait entièrement sentir.

Octobre 1891.

Note sur **la mesure des flèches** et sur l'influence de la température dans la flexion des poutres droites, par M. Bricka, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

L'objet de cette note est de démontrer que la détermination des flèches peut être faite aussi exactement que possible au moyen d'une série dont il suffira, en général, de calculer quatre ou cinq termes, que la nature de l'âme ou du treillis est sans influence sur la flexion des poutres, enfin que les variations de température dont on ne tient généralement pas compte peuvent, dans certains cas, fausser entièrement les résultats de l'observation des flèches.

L'auteur examine successivement le cas des poutres droites et celui des arcs; il fait observer que si on admet généralement que la température est sans influence sur les flèches prises par les poutres droites, c'est dans l'hypothèse d'une température moyenne, mais qu'il n'en est plus de même si, par suite de l'exposition au soleil, les températures des bandes supérieure et inférieure sont différentes. Il peut résulter de ces différences seules des flèches comparables à celles qui sont produites par les surcharges. Il est nécessaire de tenir compte de ces faits dans les épreuves des ponts métalliques sous peine de voir fausser entièrement les résultats des mesures.

Il est bon de procéder à ces mesures de grand matin ou par un temps couvert.

Note sur **l'assemblage des rails**, renforcement de l'éclissage adopté sur les lignes parcourues par les trains rapides, par M. Mussy, Ingénieur en chef des Mines.

La substitution de l'acier au fer pour la fabrication des rails a permis l'emploi de rails de grande longueur, 11 et 12 *m*, qui, par la diminution du nombre des joints, a été un grand progrès. On a augmenté en même temps le poids du mètre courant pour donner à la voie une plus grande rigidité et, par suite, une plus grande douceur au roulement. On a dû songer également à renforcer l'éclissage, qui est toujours le point faible, tant pour accroître la rigidité de l'assemblage que pour avoir au joint une résistance à la flexion de même ordre que celle qui est donnée par le rail seul aux travées intermédiaires.

Le mémoire passe en revue les divers types d'éclissage employés suc-

cessivement au P.-L.-M., au Nord, à l'Est, à l'Orléans, à l'Ouest et au Midi, et donne quelques indications sommaires sur les dispositions employées à l'étranger. Les dispositions adoptées actuellement ont résolu convenablement la question de la rigidité de la voie indispensable à la marche des trains rapides et donnent toute sécurité pour l'avenir, au prix, il est vrai, de dépenses importantes qui exigeront un certain temps pour la réalisation complète du renforcement des voies, ce délai étant toutefois limité actuellement par la nécessité où se trouvent les Compagnies de donner satisfaction, aussi promptement que possible, aux besoins commerciaux qu'elles ont à servir.

Notice sur **l'entretien des chaussées d'empierrement** par la méthode des rechargements généraux cylindrés, par M. L. Durand-Claye, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

La conclusion de ce mémoire est que la méthode d'entretien des chaussées à l'aide des rechargements généraux cylindrés, méthode qui, empruntée au mode même de construction de ces chaussées indiqué par de Cessart en 1786 et réalisé seulement vers 1835, n'a été appliquée que beaucoup plus tard et avec une assez grande hésitation, tend à se répandre de plus en plus. Elle a donné, partout où elle a été employée, de bons résultats, très appréciés du public.

Appliquée avec soin et méthode, elle doit conduire à une économie dans les frais d'entretien des routes ou tout au moins à une amélioration des routes à dépense égale d'entretien. Elle est susceptible de s'étendre encore davantage et c'est sans raison que dans certains services on refuse encore d'y recourir.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Réunion de Saint-Étienne

Séance du 7 novembre 1891.

Note sur **les mines de Karwin** et sur **lavoir à pyrites de fer.**

Dans cette note, M. Grey, Ingénieur en chef des mines de Karwin, donne des renseignements intéressants sur ces mines peu connues en France. Situées à proximité du bassin houiller de la Silésie prussienne, elles comprennent un très grand nombre de couches et, comme on a l'espoir que toutes les couches du bassin d'Ostrau-Karwin pourront être rencontrées en profondeur, l'avenir de ces mines est immense.

Le charbon est riche en matières volatiles, au moins dans les couches exploitées jusqu'ici. Il y a quatre puits qui ont produit dans le dernier exercice 670 000 *t*, et un nouveau centre de production puissamment outillé, qui entrera en exploitation en 1892 et permettra d'augmenter encore ce chiffre.

Une partie des couches contient des pyrites et on a dû établir des lavoirs spéciaux pour retirer ces matières des résidus du lavage des charbons. Ces lavoirs, desservis par 7 ouvriers, produisent 1 000 *q* métriques de pyrites lavées par mois, les pyrites étant vendues 1 florin les 100 *kg*, le bénéfice annuel de cet atelier, déduction faite de tous frais, s'élève à 8000 florins par an, soit, au cours actuel du change, 17 200 *f*. Les frais d'installation n'ont pas dépassé 19 000 *f*. La force motrice nécessaire est insignifiante ; elle est obtenue par une courroie de la machine du lavoir à charbon.

Fermeture de lampe Postolka et Eliasch. — Cette fermeture est employée pour les lampes de sûreté aux mines de Karwin. On sait que, dans les lampes munies de la fermeture à vis ordinaire, le petit taquet qui s'engage dans la crémaillère se termine du côté inférieur par une partie filetée autour de laquelle il suffit de mailler une clé forée qui permet d'abaisser le taquet. Tout le monde sait comment les ouvriers arrivent à ouvrir la lampe, soit à l'aide d'une fausse clé facile à se procurer, soit à l'aide d'un simple morceau de fil de fer, etc. Le système Postolka et Eliasch rend cette ouverture fort difficile, sinon impossible.

En effet, par suite d'une disposition spéciale, pour faire monter ou descendre le loquet, il faut non seulement le faire tourner dans le sens convenable, mais encore en même temps faire tourner en sens inverse et exactement avec la même vitesse le fourreau dans lequel s'engage ce loquet.

Or, ces deux mouvements sont réalisés à l'aide d'une clé spéciale qu'il serait fort difficile à un ouvrier mineur de fabriquer et sans l'emploi de laquelle on ne saurait produire les mouvements simultanés.

Note sur les gaz des gazogènes, par M. Lencauchez.

Cette note est relative à la communication de M. John Head, sur une nouvelle disposition de fours Siemens lue dans une précédente séance, et a pour objet de contester les avantages revendiqués pour cette disposition.

Théorie des turbo-machines, par M. Rateau.

L'auteur propose d'appeler *turbo-machines*, les appareils constitués par une roue cloisonnée mobile autour de son axe, tels que les ventilateurs, les pompes centrifuges, les turbines, etc. ; cette classe générale se divisant en deux groupes, suivant le sens de circulation du fluide, les machines *turbo-génératrices*, ventilateurs ou pompes et les machines *turbo-motrices* ou *turbo-génératrices*, turbines, etc.

Une turbo-machine complète comprend trois parties : le *distributeur*, cloisonné ou non, la roue cloisonnée ou *turbine*, et *l'amortisseur*, appelé actuellement *diffuseur* dans les ventilateurs.

M. Rateau, après avoir exposé la théorie de ces appareils, termine par des considérations très intéressantes sur l'analogie qui existe entre les turbo-machines et les dynamos.

Les deux sortes d'appareils ont pour but de faire circuler un fluide (gaz, vapeur, liquide ou électricité) d'une enceinte dans une autre où le fluide est à une pression différente, tout en maintenant une libre com-

munication entre les deux enceintes. Ce résultat s'obtient par la rotation d'une organe mobile (turbine ou bobine) dont la vitesse doit croitre avec la différence des tensions.

Outre cet organe mobile, chaque sorte d'appareil comprend aussi deux autres organes dont l'un (distributeur ou collecteur) peut être simple ou multiple, et dont l'autre (amortisseur ou inducteur) peut être simple ou compound.

La force électromotrice développée par une dynamo est proportionnelle au nombre des lignes de force coupées par les fils de l'induit ; de même la force *fluidomotrice* totale (différence des pressions) créée par une turbo est proportionnelle au nombre de certaines lignes coupées par les ailes de la turbine. Ces lignes sont les trajectoires orthogonales des trajectoires absolues du fluide.

Dans l'une et l'autre sorte d'appareils, cette force motrice est employée à vaincre les résistances, tant intérieure qu'extérieure ; la première donne lieu à une transformation du travail en chaleur, et elle varie, dans de certaines limites, avec la résistance extérieure.

Les courbes caractéristiques extérieure et intérieure, tracées en fonction de l'ouverture ou de la conductibilité du circuit extérieur, ont la même allure.

Dans les dynamos, lorsque la résistance extérieure varie, pour obtenir toujours le meilleur rendement, il est nécessaire de faire varier l'angle de calage des balais du collecteur ; de même, dans les turbo-machines, lorsque l'ouverture varie, il est bon de régler le distributeur et quelque fois aussi l'amortisseur.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 49. — *5 décembre 1891.*

Les machines à vapeur de l'Exposition internationale d'électricité de Francfort-sur-le-Mein, par R. Stribeck.

Expériences sur la chaudière de locomotive de Lentz. — Destruction des chaudières de locomotives par déformation. — Emploi des foyers en métal fondu, par G. Muller *(fin)*.

Nouvelle machine à essayer les matériaux, par Rudeloff.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — École de tissage pour l'industrie lainière dn cercle d'Aix-la-Chapelle. — Nouvelles recherches sur la chaleur de combustion de la houille.

Groupe de Hesse. — Visite de la fabrique de machines par actions, anciennement Bock et Henkel.

Variétés. — Développement de l'électro technique. — Wagon à bascule à parois mobiles. — Balance hydraulique à remplissage et vidange automatiques.

N° 50. — *12 décembre 1891.*

Aperçu sur la théorie des corps élastiques, par A. Ritter.

Développement technique des Compagnies de navigation *Lloyd de l'Allemagne du Nord* et *Hambourgeoise-Américaine*, par R. Haack et C. Busley *(suite)*.

Compression et détente de l'air à plusieurs étages, par von Ludwig.

Résistance à la flexion des ressorts à boudin en fil d'acier, par J. C. Dijxhoorn.

Deux nouveaux thermomètres à indications à distance, par H. Hartl.

Groupe du Rhin inférieur. — Coût de l'éclairage électrique. — Essais de ponts métalliques sur le réseau de l'Etat prussien.

Groupe de Wurtemberg. — Fabrique d'armes de Mauser, à Oberndorf-sur-Neckar.

N° 51. — *19 décembre 1891.*

Développement technique des Compagnies de navigation *Lloyd de l'Allemagne du Nord* et *Hambourgeoise-Americaine*, par R. Haack et C. Busley *(suite)*.

Les machines à vapeur à l'Exposition internationale d'électricité, à Francfort-sur-le-Mein, par R. Stribeck *(suite)*.

Machines-outils, par H. Fischer.

Expériences sur les machines du steamer *Iona*, par Goerris.

Groupe de Berlin. — Emploi du métal fondu dans les constructions.

Groupe de Mannheim. — Filature de coton de Spegen. — Exposition d'électricité de Francfort.

Groupe du Rhin inférieur. — Nouvelle fraiseuse. — Détails techniques sur l'établissement de la distribution d'eau de Volbert. — Nouveautés dans l'emploi du métal fondu.

Bibliographie. — La voie des chemins de fer, par A. Haarmann. — Le grisou et les lampes de sûreté, par Ch. Heinzerling.

Correspondance. — Machine à vapeur à distribution par soupapes et organes Corliss, — Triage hydraulique des minerais.

N° 52. — *26 décembre 1891.*

Les machines à vapeur à l'Exposition internationale d'électricité, à Francfort-sur-le-Mein, par R. Stribeck *(suite)*.

Développement technique des Compagnies de navigation *Lloyd de l'Allemagne du Nord* et *Hambourgeoise-Americaine*, par R. Haack et C. Busley *(suite)*.

Expériences sur des chaudières de locomotives du système Lentz, par G. Muller.

Expériences sur les machines du steamer *Iona*, par Gœrris *(fin)*.

Serrure à vis avec arrêt automatique, par H. Heimann.

Nouvel appareil pour la mise en place des courroies.

Les explosions de chaudières dans l'empire allemand en 1890.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :

A. Mallet.

TABLE DES MATIÈRES

TRAITÉES DANS LA CHRONIQUE DE 1891.

Accidents à des foyers ondulés. Novembre, II, 587. (Voir aussi *Chute* et *Rupture.*)

Accumulateur pneumatique pour machinerie hydraulique. Octobre, II, 459.

Acier (Corrosion du fer et de l'). Juin, I, 854.

Aciéries (Les) allemandes. Juin, I, 853.

Alimentation d'eau d'une chaudière dont les surfaces de chauffe sont découvertes. Septembre, II, 313; octobre, II, 452.

Alliage (Nouvel) d'aluminium. Septembre, II, 312.

Aluminium (Nouvel alliage d'). Septembre, II, 312.

Amérique (Nouvelles locomotives en). Novembre, II, 593. (Voir aussi *États-Unis.*)

Anciennes expériences calorimétriques sur une chaudière à vapeur. Janvier, I, 54.

Angleterre (Prix du gaz en). Juin, I, 853; — (Système décimal en). Mars, I, 309.

Appareils auxiliaires des grandes machines marines actuelles. Janvier, I, 50; — mécaniques pour le chauffage des chaudières. Octobre, II, 456.

Atlantique (Traversée de l'). Mai, I, 708.

Briques (Pavage en). Août, II, 261.

Bruxelles (Chemin de fer funiculaire aérien pour). Février, I, 165.

Câbles (Préservation des) métalliques. Mai, I, 709.

Canaux (Halage à vapeur sur les). Février, I, 171; mars, I, 318; — (Trafic des grands). Mai, I, 708.

Canon (Effet d'un) de 110 *t.* Septembre, II, 316.

Chaleur (Mouvement de la) dans les parois des cylindres à vapeur. Juillet, II, 109.

Charbon (Le) à Port-Saïd. Juillet, II, 104; — (Le) en Turquie. Novembre, II, 592.

Chaudières (Alimentation d'eau des) dont les surfaces de chauffe sont découvertes. Septembre, II, 313; octobre, II, 452; — (Appareils mécaniques pour le chauffage des). Octobre, II, 456; — Dépôts graisseux dans les). Février, I, 169; — (Le tirage naturel des) marines. Juin, I, 851; — (Tirage des) par un jet de vapeur. Décembre, II, 735; — tubulaires et le tirage forcé. Avril, I, 553; mai, I, 742; juin, I, 847.

Chauffage (Appareils mécaniques pour le) des chaudières. Octobre, II, 456.

Chemin de fer de Strasbourg à Bâle. Décembre, II, 738; — (École de) à Bienne. Septembre, II, 315; — électrique. Juin, 853; — funiculaire aérien

pour Bruxelles. Février, I, 165; — (La voie du) du Gothard. Décembre, II, 736; — (Locomotives du) de Chignecto. Janvier, I, 56; — transsibérien. Avril, I, 550; mai, I, 700.

Chute du pont de Mœnchenstein. Octobre, II, 459.

Circulation (La) à Londres et à New-York. Mars, I, 316.

Concours international pour l'utilisation des forces du Niagara. Janvier, I, 58.

Corrosion du fer et de l'acier. Juin, I, 854.

Cylindres (Mouvement de la chaleur dans les parois des) à vapeur. Juillet, II, 109.

Dépôts graisseux dans les chaudières. Février, I, 169.

Derniers (Les) de la machine à vapeur. Mars, I, 313; avril, I, 543.

Durée (Statistiques de la) des rails. Août, II, 254.

École de chemins de fer à Bienne. Septembre, II, 315.

Effet d'un canon de 110 *t.* Septembre, II, 316.

Électricité (L') en Suisse. Janvier, I, 58.

Électrique (Chemin de fer). Juin, I, 852.

Épreuves de ponts en Suisse. Août, II, 262.

Espagne (Navigation intérieure en). Novembre, II, 588.

États-Unis (Le gaz naturel aux). Janvier, I, 56; — (La population aux). Février, I, 176. (Voir aussi *Amérique.*)

Expériences (Anciennes) calorimétriques sur une machine à vapeur. Janvier, I, 54.

Fatigue des métaux. Septembre, II, 312.

Fer (Corrosion du) et de l'acier. Juin, I, 854; — (Transmissions en) creux. Novembre, II, 593.

Forces (Concours international pour l'utilisation des) du Niagara. Janvier, I, 58.

Foyers (Accidents à des) ondulés. Novembre, II, 587.

Funiculaire (Chemin de fer) aérien pour Bruxelles. Février, I, 165.

Gaz (Le) naturel aux États-Unis. Janvier, I, 56; — (Prix du) en Angleterre. Juin, I, 853.

Gothard (La voie du chemin de fer du). Décembre, II, 736.

Halage à vapeur sur les canaux. Février, I, 171; mars, I, 318.

Histoire du thermomètre. Mars, I, 317.

Hydraulique (Accumulateur pneumatique pour machinerie). Octobre, II, 459; — (Presse) à forger. Décembre, II, 733.

Laboratoire (Le) de M. Raoul Pictet. Mai, I, 705; — de mécanique. Décembre, II, 734.

Laine minérale. Novembre, II, 585.

Locomotives du chemin de fer de Chignecto. Janvier, I, 56; — du tunnel de Saint-Clair. Avril, I, 547; — (Nouvelles) américaines. Novembre, II, 593.

Londres (La circulation à) et à New-York. Mars, I, 316; — (Un tunnel sous la Tamise à). Juillet, II, 106.

Machine (Anciennes expériences calorimétriques sur une) à vapeur. Janvier, I, 54; — (Appareils auxiliaires des grandes) marines actuelles. Janvier, I, 50; — (Les derniers jours de la) à vapeur. Mars, I, 313; avril, I, 543; —

(Mouvement de la chaleur dans les parois des cylindres des) à vapeur. Juillet, II, 109; — (Personnel des) des grands paquebots. Janvier, I, 57.

Machinerie (Accumulateur pneumatique pour) hydraulique. Octobre, II, 459.

Marines (Appareils auxiliaires des grandes machines) actuelles. Janvier, I, 50; — (Le tirage naturel des chaudières). Juin, I, 851.

Marteau-pilon (Le plus gros) du monde. Mai, I, 710; — de Bethlehem. Octobre, II, 460.

Mécaniques (Appareils) pour le chauffage des chaudières à vapeur. Octobre, II, 456; — (Laboratoire de). Décembre, II, 734.

Métaux (Fatigue des). Septembre, II, 312.

Mouvement de la chaleur dans les parois des cylindres à vapeur. Juillet, II, 109.

Navigation intérieure en Espagne. Novembre, II, 588.

Navires en dos de baleine. Décembre, II, 737. (Voir aussi *Paquebots.*)

New-York (La circulation à Londres et à). Mars, I, 316; — (Transit rapide à). Juillet, II, 110.

Niagara (Concours international pour l'utilisation des forces du). Janvier, I, 58.

Paquebots (Personnel des machines des grands). Janvier, I, 57.

Pavage en briques. Août, II, 261.

Percement du Simplon. Septembre, II, 309.

Personnel des machines des grands paquebots. Janvier, I, 57.

Pneumatique (Accumulateur) pour machinerie hydraulique. Octobre, II, 459.

Pont (Chute du) de Mœnchenstein. Octobre, II, 459; — (Épreuves de) en Suisse. Août, II, 262.

Population (La) aux États-Unis, Février, I, 176.

Préservation des câbles métalliques. Mai, I, 709.

Presse hydraulique à forger. Décembre, II, 733.

Prix (Le) du gaz en Angleterre. Juin, I, 853.

Rails (Statistique de la durée des). Août, II, 254. (Voir aussi *Voie.*)

Rupture de volants. Avril, I, 552; novembre, II, 591.

Simplon (Percement du). Septembre, II, 309.

Sol (Température intérieure du). Avril, I, 557; juillet, II, 109.

Statistiques de la durée des rails. Août, II, 254.

Suisse (Électricité en). Janvier, I, 58; — (Épreuves de ponts en). Août, II, 262.

Surchauffeurs de vapeur. Juillet, II, 106; août, II, 262.

Système décimal en Angleterre. Février, I, 172; mars, I, 309.

Tamise (Un tunnel sous la). Juillet, II, 105.

Température intérieure du sol. Avril, I, 557; juillet, II, 109.

Thermomètre (Histoire du). Mars, I, 317.

Tirage (Les chaudières tubulaires et le) forcé. Avril, I, 553; mai, I, 742; juin, I, 847; — naturel des chaudières marines. Juin, I, 851; — par jet de vapeur. Décembre, II, 735.

Trafic des grands canaux. Mai, I, 708.

Transit rapide à New-York. Juillet, II, 110.

Transmissions en fer creux. Novembre, II, 593.

Traversée de l'Atlantique. Mai, I, 708.

Tunnel (Locomotives du) de Saint-Clair. Avril, I, 547; — (Un) sous la Tamise. Juillet, II, 105; — sous la Clyde. Octobre, II, 455.

Turquie (Charbon en). Novembre, II, 592.

Utilisation (Concours international pour l') des forces du Niagara. Janvier, I, 58.

Vapeur (Anciennes expériences calorimétriques sur une machine à). Janvier, I, 54; — (Halage à) sur les. Février, I, 171; mars, I, 318; — (Mouvement de la chaleur dans les parois des cylindres à). Juillet, II, 109; — (Surchauffeurs de). Juillet, II, 106; août, II, 262; — (Tirage par jet de). Décembre, II, 735. (Voir aussi *Chaudières* et *Machines*.)

Voie (La) du chemin de fer du Gothard. Décembre, II, 736. (Voir aussi *Rails*.)

Volants (Rupture de). Avril, I, 552; novembre, II, 591.

TABLE DES MATIÈRES

TRAITÉES DANS LE 2e SEMESTRE, ANNÉE 1891

(Bulletins)

Aluminium et ses applications *(Note sur la métallurgie de l')*, par M. U. Le Verrier, lettre de M. A. Pourcel (séance du 4 décembre) . . 609

Arches surbaissées en maçonnerie *(Nouvelle Méthode de calcul des)*, analyse de l'ouvrage de M. N. de Tédesco, par M. Edmond Coignet (séance du 17 octobre) 357

Attachés commerciaux et Ingénieurs près les Consulats *(Les)*, par M. E. Bert, et observations de MM. J. Fleury, J. Charton, A. de Serres, P. Limet, Max de Nansouty, H. Couriot (séance du 4 décembre) 610

Bibliographie. *La Résistance des matériaux* de M. A. Madamet, par M. L. de Longraire 445

Bibliographie. *Le Nil, le Soudan et l'Égypte*, de M. A. Chélu, par M. A. Mallet 473

Chaudières multitubulaires *(Conditions de recette des tubes de)*, par M. Ch. Compère (séance du 16 octobre), mémoire . . . . . 360 et 503

Chemins de fer à voie étroite, par M. H. Coste, et observations de MM. Grille, P. Regnard, P. Jousselin, E. Roy, A. Moreau (séance du 7 août). 124

Chemins de fer à l'Exposition de 1889 *(Rapport de la section chargée par la Société d'étudier le matériel fixe des)*, par M. Ch. Taconnet. 183

Chroniques des mois de juillet, août, septembre, octobre, novembre et décembre . . . . . **104, 254**, 309, 452, 585 et 733

Comité technique d'exploitation des Chemins de fer *(Nomination des membres du)* (séance du 16 octobre). 357

Commission technique, nommée par M. le Ministre des Travaux publics pour formuler les règles uniformes à adopter dans l'essai des matériaux de construction (séance du 20 novembre). 486

Comptes rendus des mois de juillet, août, septembre, octobre, novembre et décembre. . . . . **111, 265**, 318, 462, 594 et 741

Concours pour la nomination d'un Ingénieur chargé des travaux à l'École d'Arts et Métiers d'Aix (séance du 2 octobre) 339

Concours pour la centralisation de la manœuvre des aiguilles (séance du 2 octobre) 339

Concours avec prix, ouvert par la Société des Eaux de la Dranse (Suisse) pour l'utilisation d'une chute d'eau avec installation électrique (séance du 6 novembre) 481

Congrès et Exposition de Chicago, lettre de M. Corthell (séances des 3 et 24 juillet) . . . . . 6, 26 et 44

Congrès des Sociétés savantes en 1892 *(Programme des questions soumises aux délégués du)*, lettre de M. le ministre de l'Instruction publique (séance du 2 octobre) 339

Dates des séances de la Société pour 1892 (séance du 18 décembre) 633

Décès : de MM. J. Meyer, A.-L. Ancelin, J.-J. Charpentier, A. Léon, Clémandot, P. Lecœuvre, L.-J. Piedbœuf, E. Salleron, A. Bernard, P. Moncharmont, Ch. Debié, T.-A. de Hennaü, A. Martenot, Ch. Vial, S.-P.-M. Souhart, L. Vigreux, J.-C. Binder (séances des 3 juillet, 7 août, 2 et 16 octobre, 6 et 20 novembre, 4 décembre). 5, 123, 338, 357, 481, 486 et 608

Décorations françaises :

CHEVALIERS DE LA LÉGION D'HONNEUR : MM. P. Chalmeton, F. Dujardin-Beaumetz, A. Hallopeau, A. Hauet, L. Maës, E.-V. Molleveaux, Max de Nansouty, A. Pillé.

OFFICIER DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE : M. J.-L. Henrivaux.

OFFICIERS D'ACADÉMIE : MM. E.-J. Coutelier, Th.-A. Leprou, H.-J. Delaunay.

Décorations étrangères :

COMMANDEUR DU CHRIST DU PORTUGAL : M. Delaunay-Belleville.

CHEVALIER DU DANEBROG (Danemark) : M. G. Canet.

COMMANDEUR DE L'OSMANIEH : M. Ventre-Bey.

(Séances des 17 et 24 juillet, 16 octobre et 6 novembre). 25, 43, 357 et 481

Discours prononcé aux obsèques de M. Paul Lecœuvre, par M. Ch. de Comberousse 305

Discours prononcé aux obsèques de M. H. Mathieu, par M. E. Polonceau, Président de la Société 730

Dons de bons de l'emprunt de 75 000 *f* (séances des 7 août et 4 décembre) . . . . . 124 et 608

Droits de douane au point de vue industriel *(Les)*, par M. J. Hinstin, et observations de MM. E. Polonceau, Edmond Coignet, J. Fleury (séance du 24 juillet), mémoire . . . . . 47 et 83

Échelles mobiles des salaires de l'Angleterre, par M. G. Salomon, et observations de M. H. Couriot (séance du 4 décembre), mémoire . . . . . 621 et 634

Élection des membres du Bureau et du Comité pour 1892 (séance du 18 décembre) 632

Essai des matériaux de construction *(Règles uniformes à adopter dans l')*, commission nommée par M. le Ministre des Travaux publics (séance du 20 novembre) 486

Exposition et Congrès de Chicago, lettre de M. Corthell (séances des 3 et 24 juillet) . . . . . 6, 26 et 44

Lettres de MM. H. Béliard, J. Garnier, Vlasto, Jordan, Lefer, J. Fleury, Ch. Herscher, S. Périssé, Ch. Lucas (séances des 3, 17 et 24 juillet, 2 et 16 octobre) . . . . . 5, 25, 43, 339 et 357

Machines à vapeur *(Conditions économiques actuellement réalisables dans les)*, par M. C. Jouffray, et observations de MM. D.-A. Casalonga,

A.-C. Salguès, C. Jouffray (séances des 17 et 24 juillet), mémoire 26, 30, 31, 42 et 94

Machines à vapeur *(Le Maximum théorique du rendement direct des)*, par MM. G. Richard, D.-A. Casalonga et de Laharpe (séances des 17 et 24 juillet et 2 octobre) . . . . . 35, 40, 43 et 338

Matériel fixe des chemins de fer à l'Exposition de 1889 *(Rapport de la section chargée par la Société d'étudier le)*, par M. Ch. Taconnet. 183

Membres nouvellement admis. . . . . . 4, 122, 337 et 480

Moteurs à vapeur. *Note sur une disposition propre à améliorer leur rendement pratique*, par M. E. Lefer. 55

Moteurs à gaz et en particulier le nouveau moteur, système Niel, par M. Auguste Moreau, et observations de MM. A. Lencauchez, Gustave Richard, D.-A. Casalonga (séances des 2 et 16 octobre) . 343, 363, 366 et 376

Moteur à gaz, système Niel *(Nouveau)*, par M. Auguste Moreau. . . 380

Moteurs à gaz *(Les)*, par M. A. Lencauchez. 422

Moteurs à gaz et l'extension récente de leurs applications *(La Partie mécanique des)*, par M. Gustave Richard (séance du 20 novembre). 487

Nomination de membres du Comité technique d'exploitation des chemins de fer (séance du 16 octobre). 337

Notice nécrologique sur M. J. Meyer, par M. E. Polonceau (séance du 17 juillet). 21

Ouvrages, Mémoires et Manuscrits reçus . . 2, 121, 334, 478 et 606

Paix des Ateliers *(Sur la)*, analyse de l'ouvrage de M. A. Gibon, par M. H. Remaury (séance du 3 juillet) 7

Paris port de mer *(Discussion de)*, par MM. E. Badois, L. Vauthier, E. Roy, Bouquet de la Grye, L. Molinos, R. Le Brun, A. de Bovet, J. de Coëne, et lettres de MM. Bouquet de la Grye et J. de Coëne (séances des 7 août, 2 octobre et 6 novembre) . . 132, 350, 356, 481 et 484

Paris port de mer *(Observations critiques sur le projet du canal maritime de la Seine entre Rouen et Paris, présenté par la Société d'études de)*, par M. E. Badois. 228

Paris port de mer *(Note en réponse à quelques arguments présentés par M. Bouquet de la Grye, dans la discussion de son projet de)*, par M. E. Badois. 522

Paris port de mer *(Observations sur le projet de)*, par M. L. Vauthier. . 535

Paris port de mer *(Observations sur le projet de)*, par M. R. Le Brun. . 564

Plages et sur la régularisation des ports *(Régime des)*, de M. Paul Cornaglia, lettre de M. H. Hervegh (séance du 4 décembre) 608

Planches nos 44 à 52.

Poutres *(Méthodes nouvelles de calcul de différentes)*, par M. F. Chaudy (séance du 24 juillet), mémoire. . . . . 45 et 149

Poutres droites avec poutrelles *(Méthode générale de calcul des)*, analyse de la note de M. M. Duplaix, par M. Bertrand de Fontviolant (séance du 16 octobre) 359

Prix décernés par la Société Industrielle de Mulhouse pour l'année 1891-92 (séance du 2 octobre) 339

Prix Annuel et Prix Nozo *(Remise des médailles des)*, (séance du 16 octobre) 35

Régénérateurs de vapeur et surchauffeurs, par M. D.-A. Casalonga, et observations de M. G. Thareau (séance du 20 novembre) . . . 48

Résistance des fers et aciers *(Coefficients de)*, par M. V. Contamin, et observations de MM. J. Charton, Auguste Moreau et E. Badois (séance du 3 juillet), mémoire. . . . . 15 et 27

Résistance des matériaux *(La)*, de M. A. Madamet, notice bibliographique, par M. L. de Longraire. 443

Salaires de l'Angleterre *(Les Échelles mobiles des)*, par M. G. Salomon, et observations de M. H. Couriot (séance du 4 décembre), mémoire. . . . . 621 et 634

Sauvetage *(Le)*, par M. E. Cacheux, et observations de MM. G. Salomon, E. Polonceau et E. Level (séance du 20 novembre). 500

Situation financière de la Société *(Compte rendu de la)*, par M. H. Couriot, trésorier (séance du 18 décembre). 624

Utilisation d'une chute d'eau avec installation électrique. *Concours avec prix, ouvert par la Société des Eaux de la Drance (Suisse).* Séance du 6 novembre). 401

Voies de communication, ports, canaux, rivières, chemins de fer, etc. *(Outillage)*, par M. J. de Coëne, et lettre de M. J. Gaudry (séances des 3 et 24 juillet) . . . . . 9 et 43

Voie étroite *(Chemins de fer à)*, par M. H. Coste, et observations de MM. Grille, P. Regnard, P. Jousselin, E. Roy, Auguste Moreau (séance du 7 août). 124

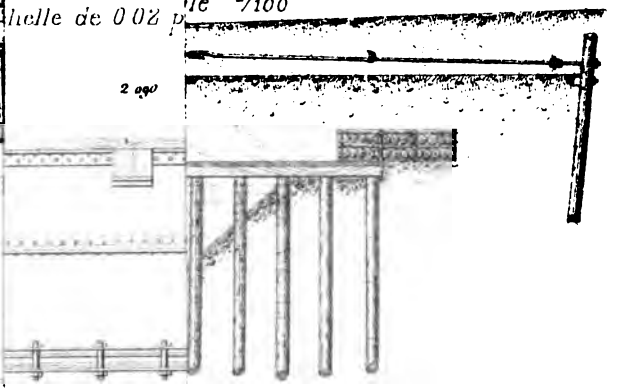
Voyage en Hollande *(Compte rendu du)*, par M. E. Polonceau (séance du 2 octobre) 340

Voyage en Hollande *(Compte rendu et notes techniques) (1re Partie)*, par M. E. Lippmann. 648

IMPRIMERIE CHAIX. — RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 249-1-92.

ale détaillée quai le long de la Meuse aux Boompjes

helle de 0 02 p *le 1/100*



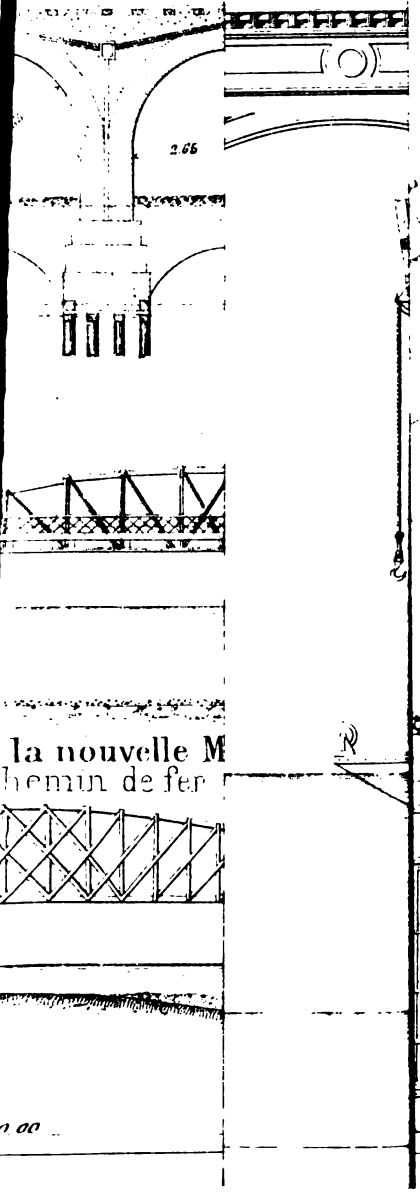


Fig. 13.

Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

le l

le Hollandsch Diep près Moërdyck.

Piles I à III du Pont fixe

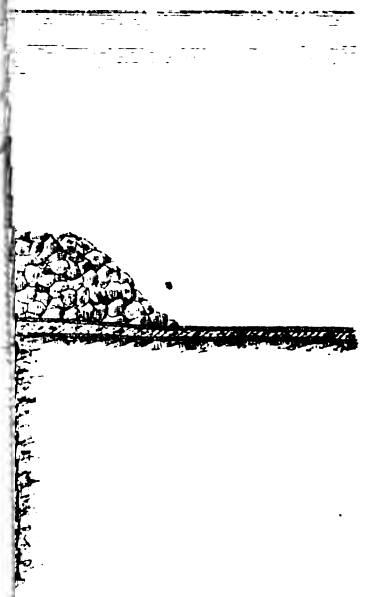


Fig. 27.
Echelle 1/30

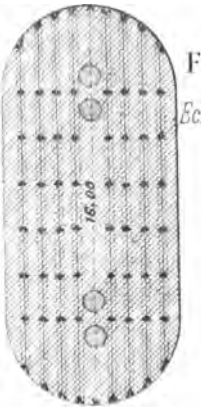


Fig. 28.
Echelle 1/30

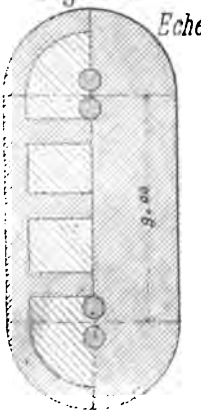
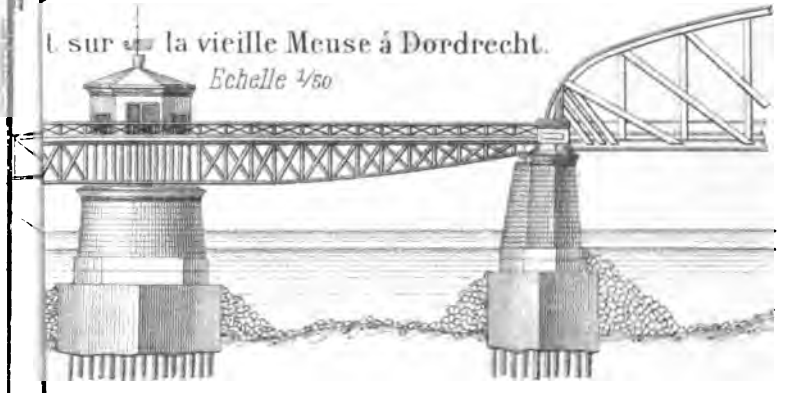
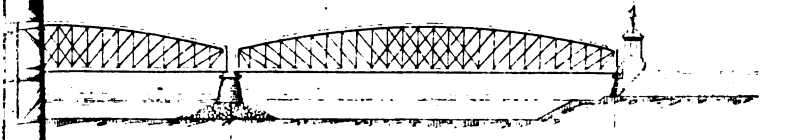
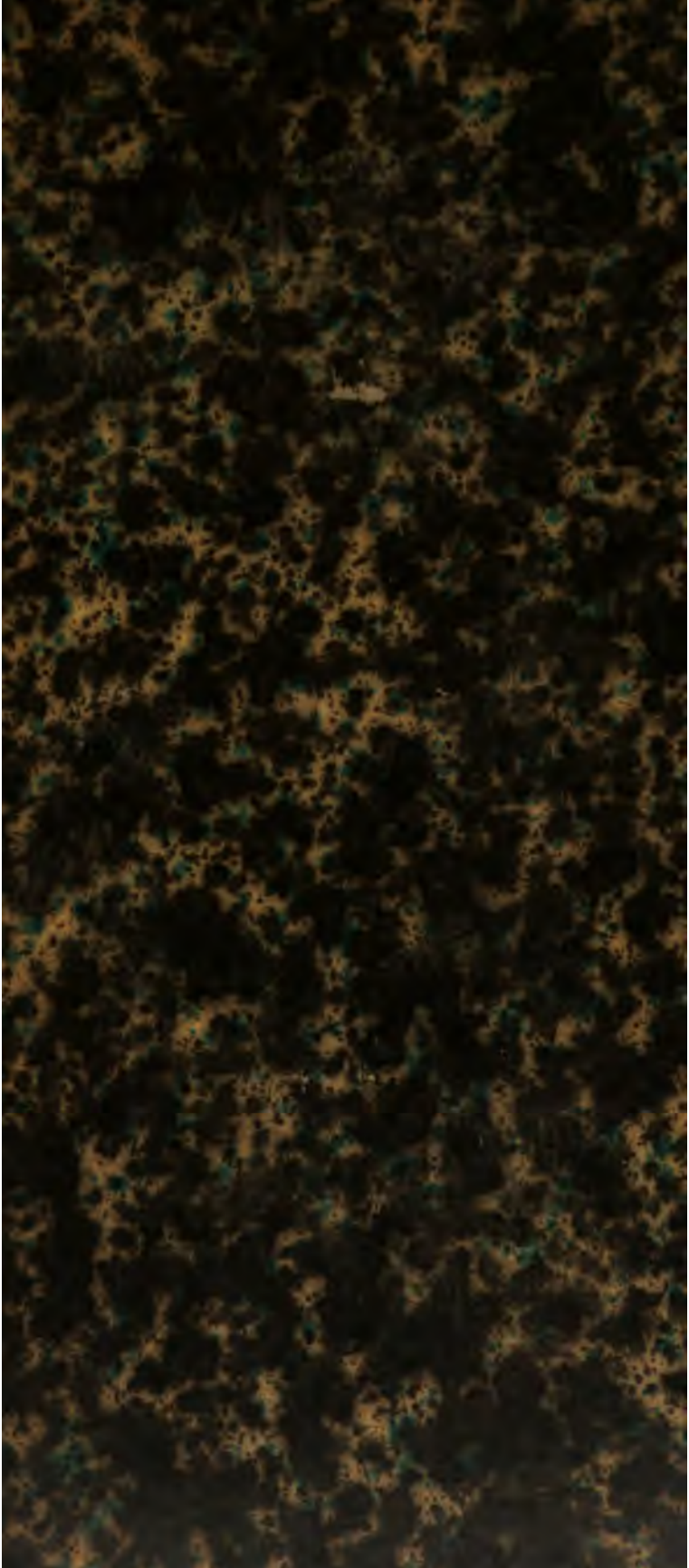


Fig. 29.
Echelle 1/30

t. sur la vieille Meuse à Dordrecht.
Echelle 1/50





102,50

Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.